Reproducción

Semana 7

Para finalizar el bloque I estudiaremos uno de los fenómenos biológicos más importantes, la reproducción, en particular su regulación. Como recordaras, los organismos son entidades vivas con una línea de ascendencia-descendencia propia. Es decir, los organismos provienen de otros organismos que construyen copias (exactas o similares) de si mismos. En los organismos unicelulares la reproducción equivale al proceso de división celular, no así en los multicelulares. En estos últimos, la reproducción es un proceso más complejo que implica divisiones celulares más toda una serie de procesos y estructuras que despliegan una diversidad impresionante característica de los reinos *Fungi*, *Plantae* y *Animalia* .

Las competencias requeridas y desarrolladas en este material son principalmente **CG4c, CG5-a, b, c y d**. De las competencias disciplinares de las ciencias experimentales sobresalen **CD-CE-2, 7 y 13**.

Recuerda que la lectura de comprensión es muy importante, por ello debes de codificar los conocimientos declarativos.

- Los **Conceptos:** Resalta de amarillo todas las apariciones en el texto de los nombres de los conceptos relevantes y subraya del mismo color el texto anexo que contiene información para redactar su definición.
- Los **Hechos:** Resalta de naranja los datos, históricos, cuantitativos o de otro tipo y subraya el texto anexo que le da sentido.
- Los **Principios:** Subraya de verde el enunciado mínimo que expresa la idea de la regularidad o norma.

Hay otros tipos de conocimientos, los actitudinales y los procedimentales. Los conocimientos procedimentales son aquellos que se refieren al modo de hacer algo. Los conocimientos procedimentales deben de ser aprendidos a través de la ejercitación. Debes de resolver problemas que incluyan la serie de pasos que conforman el procedimiento (practica la CG-7-a. Codifica estos conocimientos enmarcando con lineas rojas el algoritmo.

También debes de descomponer cada concepto relevante en sus partes: *lexemas,* parte de la palabra que contiene al significado y *gramemas,* la porción con información gramatical. Por ejemplo: Célula (*cel-* = celda y *-ula* = pequeña). De allí obtienes una definición abreviada del concepto.

En ciencia todos los conceptos técnicos se construyen a partir de lexemas provenientes del griego y del latín. El que un término contenga un lexema es un conocimiento factual y como tal lo debes de recordar.

Debido a que el español es una lengua romance, es decir, derivada del latín es común que las palabras españolas contengan lexemas de origen latino y a través de él, también del griego. Por ello debes de usar tu conocimiento del español para deducir el significado de los lexemas.

- Primero debes partir la palabra en trozos (lexemas y gramemas)
- Luego usa tu memoria auditiva para identificar palabras conocidas que contengan cada lexema o gramema.
- A partir de ellas y de la evocación de sus sinónimos recuperas el significado del lexema.
- Finalmente, integras los significados de todos los lexemas que forman la palabra y generas un resumen de la definición del concepto.

Otra estrategia de aprendizaje es recopilar en tu CET sendos listados de conceptos, lexemas y gramemas relevantes que debes de aprender

Finalmente, el aprendizaje significativo implica formar representaciones de cada conocimiento. Esto se facilita si operamos sobre los significados de los conocimientos y los traducimos a nuestras representaciones mentales.

MATERIALES

Es necesario que siempre tengas a la mano:

- Una caja de al menos 6 lápices de colores.
- 3 resaltadores (amarillo, naranja o rosa y verde o azul)
- Pluma o color rojo.

PROPOSITOS DEL TEMA

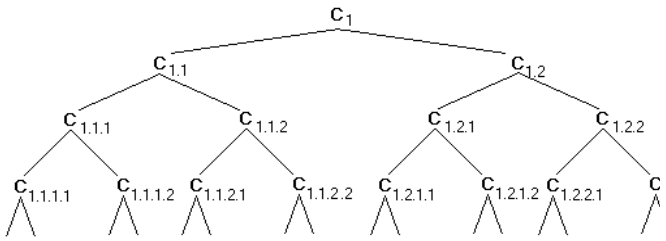
Al terminar de trabajar con este material debes ser capaz de:

- **Conocer** las bases moleculares de la reproducción
- **Conocer** las bases celulares de los procesos reproductivos de los reinos multicelulares.
- **Reconocer** las características morfológicas de las estructuras reproductoras humanas como ejemplo de los organismos pluricelulares.
- **Conocer** la regulación del proceso reproductivo humano.
- **Describir** el desarrollo embrionario.

INTRODUCCION

La **reproducción** (*re*- = repetir, *produc*- = generar) es una de las funciones más característica y fundamental de la Vida. Ocurre en todas las especies, aunque no siempre en todo organismo. La reproducción consiste en la generación de nuevos organismos semejantes al progenitor o progenitores. Hay dos clases básicas de reproducción:

- **Reproducción asexual**. Como su nombre lo indica, en el proceso no participan organismos sexuados (*a*- = sin, *sex*- = sexo). Cada organismo procede de un sólo progenitor. 1
- **Reproducción sexual**. En este caso los organismos proceden de la fusión de dos células **haploides** (con un sólo juego de información genética) denominadas gametos cuya información ha sido reordenada gracias a la meiosis previa. Los gametos proceden de dos progenitores diferentes (organismos dioicos) o de uno sólo (organismos monoicos).



Fig, 1 En la Reproducción asexual cada organismo deriva de un solo progenitor.

La reproducción asexual fue el primer tipo de reproducción en aparecer. La división de la célula del primer ser vivo correspondió a su misma reproducción. Este es el caso de todos los organismos unicelulares, en ellos, la división celular equivale a la reproducción. ¿En cuáles reinos, por tanto, la reproducción sólo implica una división celular? Reino _____, _____ y También en el reino _____. Fig. 1.

Pero, en los organismos multicelulares (*Fungi*) y en especial en los pluricelulares (*Plantae y Animalia*) la reproducción es un fenómeno distinto de la simple división celular. Aunque por supuesto, la partición de una célula es el evento subyacente y básico de esta función. Por ello primero vamos a repasar los procesos moleculares y celulares de división celular.

Bases Moleculares de la Reproducción

Los organismos poseen las instrucciones necesarias para construir sus componentes químicos, celulares y anatómicos en su genoma (*gen*- = genes y -*oma* cuerpo). El **genoma** está hecho de ADN, la macromolécula que almacena información genética a largo plazo. Todo lo que es y es capaz de realizar un ser vivo se basa en los genes que posee y cómo de se activan o desactivan a lo largo de su vida. Ve la Fig. 2.

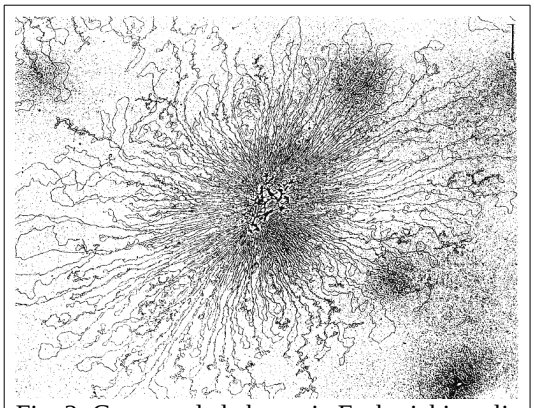


Fig. 2: Genoma de la bacteria Escherichia coli, 4289 genes en 4.64 Mpb.

El **ADN** en una molécula gigantesca hecha de 4 tipos de monómeros (mono- = uno, unidad y mer- = parte) unidos por enlaces fosfodiéster, los nucleótidos con las bases nitrogenadas Guanina, Adenina, Citosina y Timina). Ve la fig. 3.

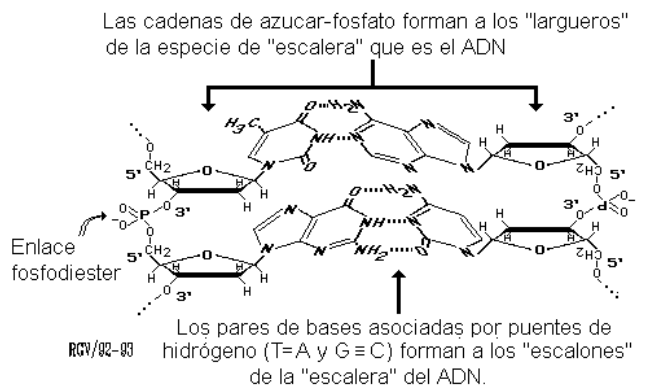


Fig. 3: Los 4 nucleótidos unidos. Resalta de amarillo a la Timina y de naranja a la Guanina.

Los nucleótidos se unen en dos largas cadenas antiparalelas que se enroscan en una doble hélice y se mantienen unidas emparejando sus bases nitogenadas (G≡C y T=A) gracias a enlaces débiles llamados puentes de hidrógeno. Ve la Fig. 4. Resalta de verde a la hélice que va de 5' a 3'.

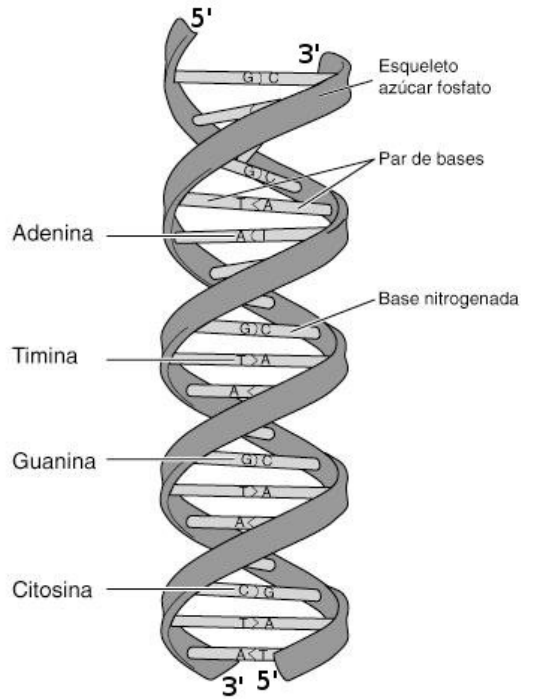


Fig. 4: Representación esquemática de la doble hélice del ADN.

La molécula de ADN, como aprendiste en biología 1, es una especie de escalera retorcida. Los largueros son una sucesión de una azúcar pentosa y un enlace fosfodiéster (un fosfato). La información se almacena en los “escalones” en forma de pares de bases: G≡C, C≡G, T=A y A=T. Por ello, el DNA se representa escribiendo sólo las dos series de bases nitrogenadas:

```
5'GCTACTAGTCAATCATCATCATCAGGGATAT3'
3'CGATGATCAGTTAGTAGTAGTAGTCCCTATA5'
```

El ADN tiene dos cadenas de nucleótidos que corren paralelas y en sentido contrario. Cada cadena es complementaria a la otra, de modo que la información en el ADN está respaldada, está escrita dos veces. Una vez en la **cadena sentido** que va de 5' a 3' y otra en la **cadena antisentido** que va de 3' a 5'. Resalta de naranja a la cadena sentido de la molécula de DNA representada arriba de este párrafo.

En las bases de datos se tienen almacenadas la secuencia de la cadena sentido de más de mil millones de moléculas diferentes de ADN. Todos los días, los biólogos moleculares secuencian millones de pares de bases de modo que cada vez sabemos más sobre los seres vivos. Completa la cadena antisentido del siguiente trozo de DNA, sigue los pares de bases de ejemplo:

```
5'TACTGTCAATCATCATCATCAGGGA3'
3'ATGAC_________________________
```

En 1953 Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN y en el pequeño artículo donde la propusieron sugirieron, con acierto, un modo en el cual la información puede copiarse en las células. Fig. 5.

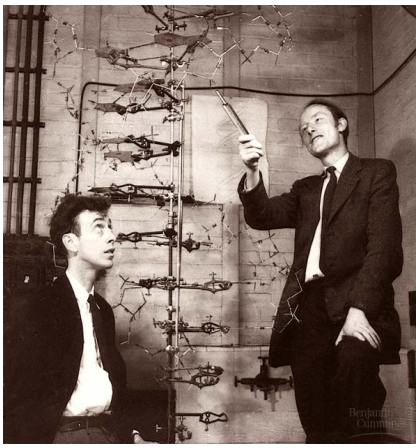


Fig. 5: James Watson y Francis Crick junto a su modelo de ADN en 1953.

Las células al dividirse requieren entregar a cada célula hija una copia de toda su información genética. Por ello, antes de iniciar la división celular, ocurre la **Replicación** del ADN (*re-* = _____ _____, *replic-* = copia y *-cion* = _____. *Ve la Figura 6.*

Así pues la replicación del DNA es un proceso muy sencillo. Las células lo realizan con gran fidelidad, pues sólo se equivocan una vez cada miles de millones de pares de bases copiadas.

Todo proceso reproductivo comienza con la replicación de la información genética.

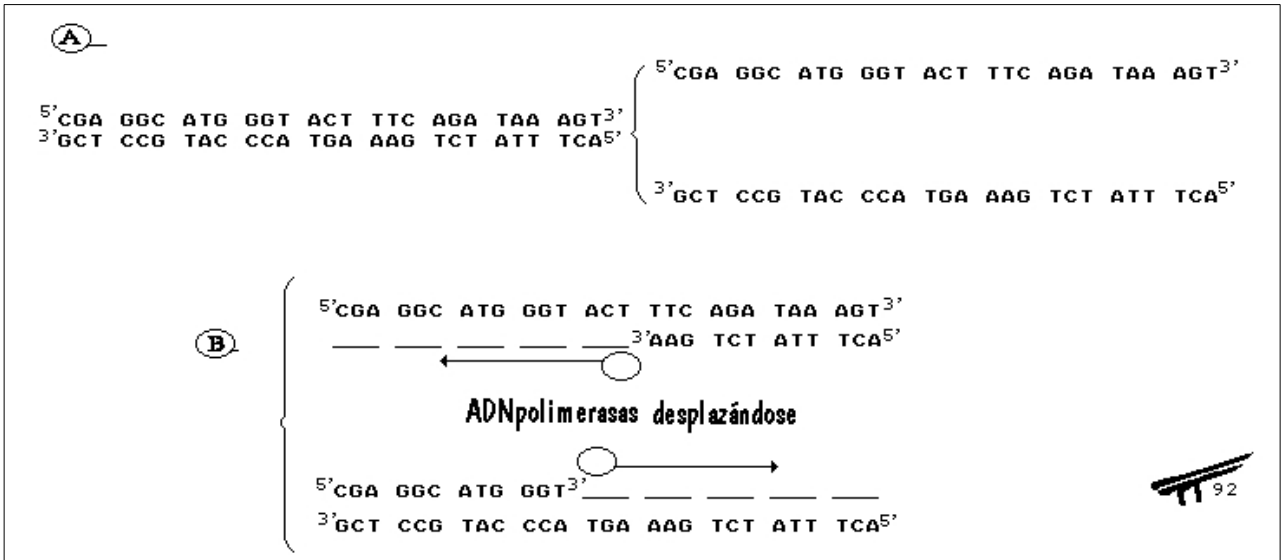


Fig. 6: Replicación del ADN. Esquema general.

En el lado superior izquierdo de la figura 6 tenemos un trozo de ADN de 27 pares de bases. Lo primero que hace la célula para replicar su ADN es:

1. Separar las cadenas sentido de las cadenas antisentido (arriba a la derecha), luego
2. Unas enzimas proteicas llamadas DNApolimerasas usan los nucleótidos trifosfatados (dGTP, dATP, dCTP y dTTP) que poseen la base nitrogenada complementaria y los unen con enlaces fosfodiéster. La energía la proveen los mismos nucleótidos.
   a) La cadena sentido 5' a 3' se usa para fabricar la nueva cadena antisentido. Debajo de T, A; debajo de G, C; debajo de A, T y así sucesivamente. Termina la cadena antisentido.
   b) La cadena antisentido 3' a 5' se utiliza como molde para elaborar la nueva cadena sentido. Arriba de G, C; arriba de C, G, arriba de T, A; arriba de C, de nuevo G y así hasta el fin de la cadena... Termina tú.

En los organismos eucarióticos hay más de una molécula de ADN en el núcleo celular. Si colocamos una molécula de ADN tras otra, hay cerca 2 metros de DNA en cada una de nuestras células.

Para lograr que ese ADN quepa en el núcleo de las células (unos 2-8 micrómetros de diámetro) cada macromolécula de ADN se encuentra enrollada en carretes de proteínas histonas formando la fibra de **cromatina** (*cromo-* = color e *-ina* = sustancia) a modo de collar de cuentas. Ve la figura 7.

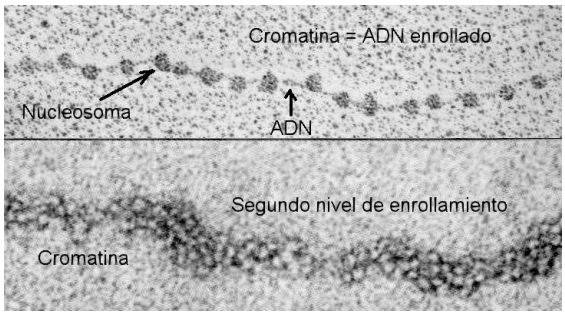


Fig. 7: ADN enrollado, la fibra de cromatina tiene varios niveles de enrollamiento. Fibras de 2 y 11 nm de grosor

Después de una serie de enrollamientos se forma un cromosoma por cada molécula de ADN. Fig. 8.

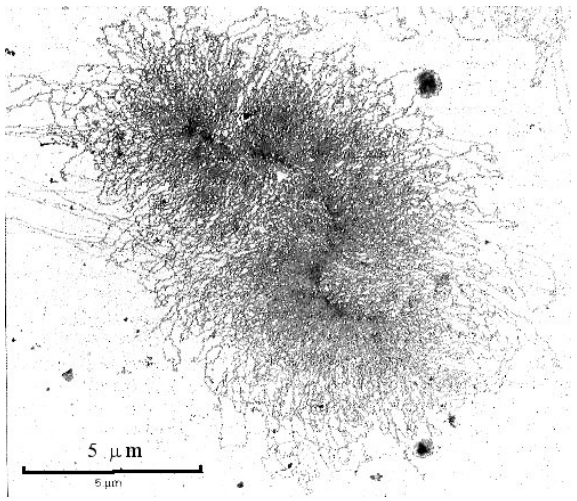


Fig. 8: Cromosoma de E. coli, una madeja de ADN.

La replicación del ADN de cada cromosoma da origen a un cromosoma duplicado llamado metafásico *(meta-* = más allá y *fas-* = fase) porque es en esa fase de la división celular cuando se observa con claridad que el cromosoma está duplicado. Mientras las copias permanecen unidas se llaman cromátidas. Ve la figura 9.

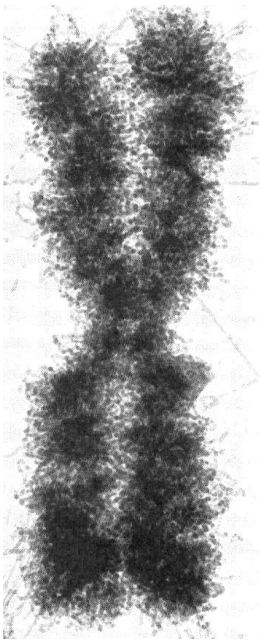


Fig. 9: Un cromosoma duplicado. Resalta de amarillo a la cromátida izquierda.

Bases celulares de la Reproducción.

Toda reproducción implica necesariamente una división celular *(divi-* = partir) de modo que antes de explicar la reproducción trataremos los procesos celulares que originan nuevas células.

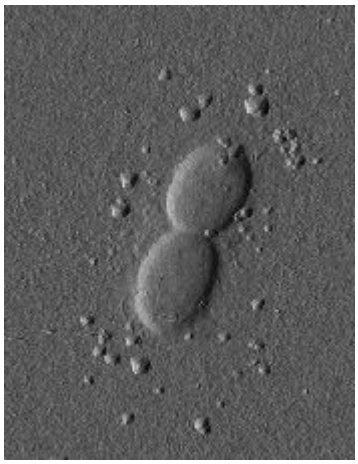
En biología 1 debiste de aprender que hay 3 tipos de división celular:

1. **Amitosis** = **Fisión Binaria** (*fis-* = partir, *bi-*=2)
2. **Mitosis** (*mito-* = hilo y -sis = _____)
3. **Meiosis** (*meio-* =disminuir)

Amitosis

La **amitosis** (*a-* = negación, *mito* = hilo, filamento y *-sis* = proceso) es el proceso de división celular que ocurre en las células procarióticas. Consiste en la replicación del ADN del nucleoide, la elongación de la célula y la formación de un tabique que separa el citoplasma. Durante la amitosis no se puede observar con el microscopio compuesto la presencia del cromosoma. De allí el nombre amitosis = “proceso sin hilo, es decir sin cromosoma visible”

Así pues en el Reino monera la reproducción sólo requiere de la amitosis también llamada Fisión Binaria (*fis-* = fisurar, partir; *bi-* = 2). Las bacterias hijas forman tras una serie de divisiones un grupo de células genéticamente idénticas, es decir una clona.



Una bacteria en fisión binaria

Mitosis

La mitosis es la división celular común en las células eucarióticas. Ocurre esta división durante los fenómenos de crecimiento, reparación, defensa inmune y reproducción. Así que mitosis ≠ reproducción a menos que ocurra en un organismo unicelular.

La mitosis es más compleja que la amitosis porque los eucarióntes tenemos más ADN (de 10^7 pb hasta 10^{11}) y la información genética reside en varias moléculas. Para describir la mitosis se ha dividido en fases.

Fases de la Mitosis

Las fases de la mitosis representan porciones de un proceso continuo más o menos arbitrariamente definidas con el objeto de facilitar su estudio. Casi toda célula eucariótica deriva de las fases mitóticas y si se divide recorrerá las mismas etapas. En la figura 1 marca con una M dónde ocurre una mitosis. Así que es útil hablar de un ciclo celular.

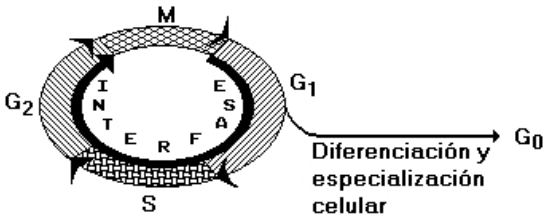


Fig. 10: Porciones del Ciclo celular: G1, S, G2 y mitosis.

Durante la etapa **G_1** del ciclo celular, la célula crece de tamaño. Al llegar a su tamaño normal recibe la orden de salirse del ciclo celular y funcionar de acuerdo al tejido al cual pertenece (**G0**) o de seguir en el ciclo pasando a la etapa **S** en la cual replica su ADN y y duplica sus centriolos. Luego pasa a **G_2** donde se prepara para llevar a cabo la mitosis. Ve la Figura 10.

¿Cómo se llama a la suma de las etapas del ciclo celular : **G1 + S + G2**? _____ _____. Ve también la figura 11.

¿Cómo se llama la etapa **M** del ciclo celular? _____ _____.

¿Qué hace la célula en la etapa **G_1**? _____.

¿Qué procesos pasan en la etapa **S**? _____ de _____ y _____ de _____.

¿Y en **G2**? _____.

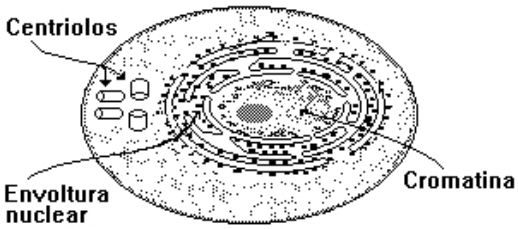


Fig. 11: Célula en interfase después de la porción S. Colorea de azul a la cromatina y de amarillo al citoplasma.

Así pues las fases de la mitosis son:

- **Profase.** (*pro-* = primero)
- **Metafase**. (*meta-* = en medio)
- **Anafase**. (*ana-* = separar)
- **Telofase**. (*telo-* = fin)

Profase. Fase inicial de la mitosis consiste en la condensación (enrollamiento intensivo) de la cromatina convirtiéndose en cromosomas duplicados visibles al microscopio compuesto, la disolución de la envoltura nuclear y en el desplazamiento de cada par de centriolos hacia los polos norte-sur de la célula al formar el citoesqueleto el huso acromático. En la figura 12 resalta de verde los microtúbulos del huso acromático en formación.

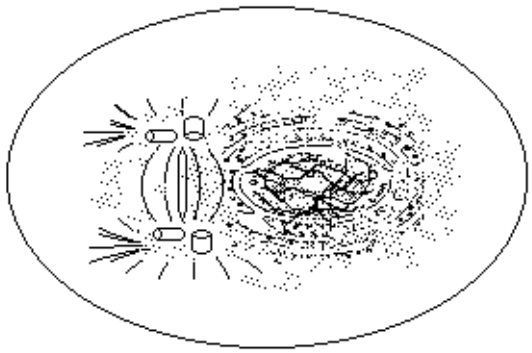


Fig. 12: Profase.

Metafase. Al llegar los centriolos a los polos, terminan de condensarse los cromosomas y concluir el armado del citoesqueleto en forma de huso acromático, pasamos a la metafase. En ésta fase se alinean los cromosomas, ahora calificados de metafásicos, en la parte media de la célula. En la figura 13 resalta de verde a los microtúbulos del huso y de naranja a los centriolos.

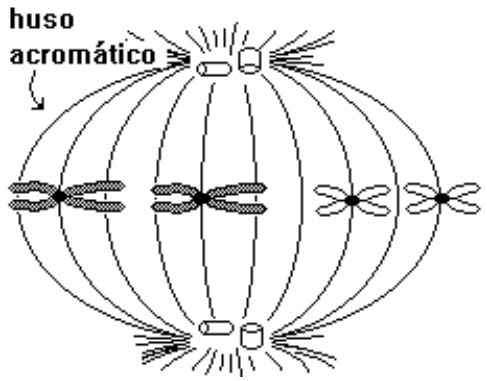


Fig. 13: Metafase.

Anafase. En esta fase se rompen los cinetocoros que mantenían unidas a las dos cromátidas de cada cromosoma metafásico, permitiendo a los microtúbulos del huso acromático mover una cromátida de cada cromosoma hacia el norte y otra hacia el sur. En la figura 14 resalta de naranja las cromátidas norteñas.

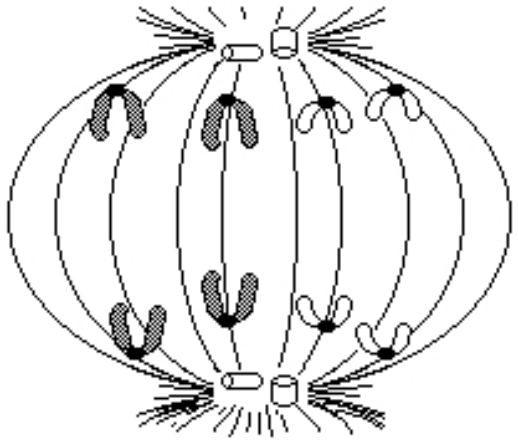


Fig. 14: Anafase.

Telofase. Esta es la fase final de la mitosis, de modo que para cerrar el ciclo celular y pasar a la interfase pasan procesos opuestos a los ocurridos en la profase. Los centriolos quedan inmóviles, los cromosomas se desenrollan originando la cromatina de las células hijas, vuelve a formarse la envoltura nuclear alrededor del material genético y el huso acromático se desarma organizándose el citoesqueleto normal. Así pues regresamos a la interfase. Ve la figura 15.

Hasta aquí es lo que se entiende como mitosis en sentido estrecho (**cariocinesis**). Luego se inicia la división del citoplasma (**citocinesis**). Por tanto, cuando se habla de mitosis en sentido amplio se sobre entiende a la citocinesis como un evento de la misma.

¿Cuántas células hijas se forman por la mitosis? _____

¿Cómo es la información genética de las células hija? _____.

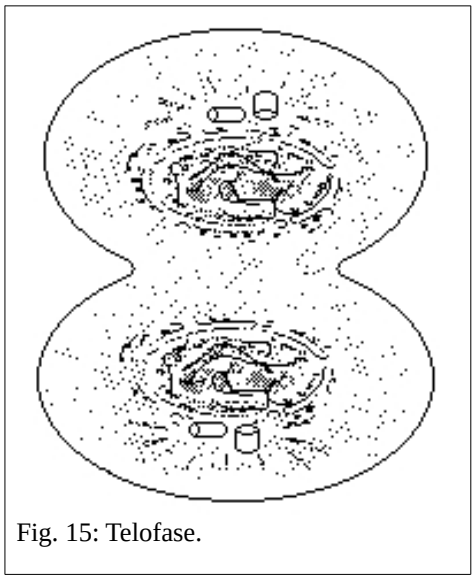


Fig. 15: Telofase.

Completa la tabla escribiendo lo contrario de cada evento de la profase:

Profase	Telofase
La cromatina se enrolla = se condensan los cromosomas	
Se disgrega la envoltura nuclear	
Los centriolos se mueven hacia los polos	
Se ensambla el Huso acromático	

Meiosis

La meiosis (*meio-* = disminuir) es la división de células eucariotas y diploide de la línea germinal. En un organismo pluricelular, ellas constituyen un selecto grupo de células protegidas y bien alimentadas.

La meiosis surgió con la reproducción sexual y paralelamente a la **singamia** (*sin-* =unir, *gam-* =gameto). Este proceso está formado por dos divisiones separadas por una interfase meiótica caracterizada por la ausencia de

la replicación. De allí que el resultado sean 4 células haploides (con un solo juego de información genética) derivadas de una célula diploide (2N).

Una peculiaridad importante es que las células derivadas de la meiosis son genéticamente distintas. Más tarde veremos la razón de esto.

Así pues las partes de la meiosis son:

1. **1ª División Meiótica** (Profase 1, Metafase 1, Anafase 1 y Telofase 1)
2. Interfase Meiótica
3. **2ª División Meiótica** (Profase 2, Metafase 2, Anafase 2 y Telofase 2)

Profase I. En esencia ocurre lo mismo que en la profase mitótica más un fenómeno llamado entrecuzamiento. Escribe lo que pasa en esta fase: La envoltura nuclear _____, la cromatina se _____ para formar a los _____, los centriolos se _____ hacia _____ de la célula, simultáneamente, los centriolos _____ a los microtúbulos del citoesqueleto para construir al _____ _____.(fig.16)

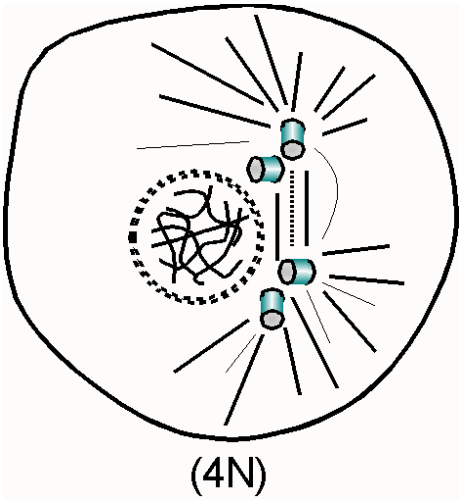


Fig. 16: Profase 1, compara con la fig. 12

Nota que en la profase 1 ya se duplicaron los cromosomas, por lo tanto, hay cuatro juegos de información genética.

¿Cuántos pares de centríolos tiene la célula, en este momento? _____.

Los pares de cromosomas se alinean y se aparean formando lo que se llama bivalentes por ser 2 cromosomas duplicados los que están unidos o tétradas, por tener 4 cromátidas apareadas. Ve la figura 17.

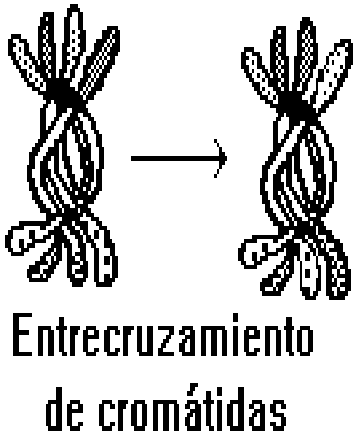


Fig. 17: Bivalente o Tétrada, recorre con tu mirada c/cromátida de arriba a abajo.

Nota que las cromátidas han intercambiado trozos entre sí. De modo que después del intercambio de genes ninguna de ellas es idéntica a otra. Este evento genera la relevancia biológica de la meiosis. Este proceso se le llama **recombinación genética,** más tarde lo estudiaremos en el bloque 3 no lo olvides.

La metafase 1 es muy semejante a la metafase mitótica, excepto que las cromátidas hermanas son distintas. Escribe qué ocurre en la metafase 1. puedes ver las figuras 13 y la 18. _____ _____.

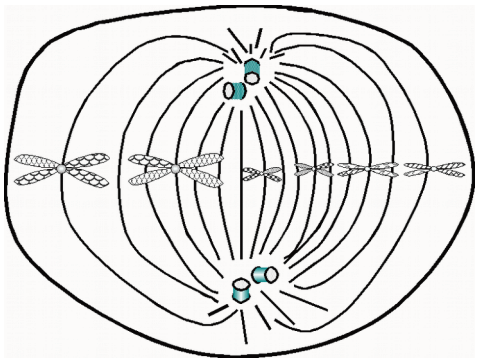


Fig. 18: Metafase meiótica 1. Colorea de rojo al 1er. Par de cromosomas metafásicos, de verde al segundo par de cromosomas homólogos, de azul al tercero, de naranja a los cinetocoros y de amarillo a los 2 pares de centriolos.

Analiza la figura 18 y responde: ¿Cuántos pares de cromosomas homólogos hay? _____. Cuántas cromátidas forman un cromosoma metafásico? _____ ¿Cuántos centrómeros hay? _____ ¿Cómo son las cromátidas hermanas de cada cromosoma durante la metafase 1? Son genéticamente _____.

La anafase 1. Esta fase de la meiosis es muy distinta a la correspondiente de la mitosis. Aquí no se divide el centrómero de los cromosomas metafásicos y por lo tanto las cromátidas permanecen unidas; quienes aquí se separan son los cromosomas homólogos. Al azar, un cromosoma, de cada par se va al polo norte y el otro hacia el polo sur de la célula.

Dado que los cromosomas no contienen exactamente las mismas variantes de cada gen, el hecho de que sea un cromosoma dado el que queda junto a otro en particular de cada par de homólogos, el reparto durante la anafase 1 contribuye a la recombinación genética. Fig. 19.

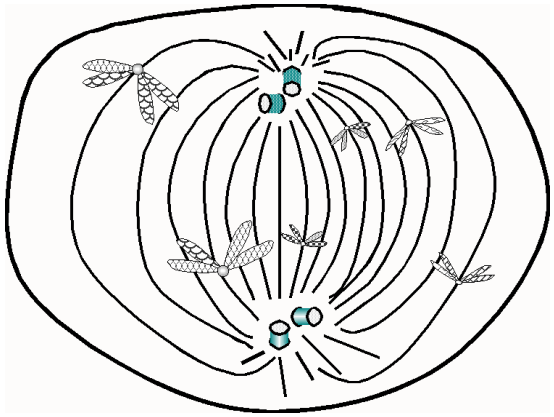


Fig. 19 Anafase 1 de la meiosis. ¿Hacia donde van los cromosomas de cada par? _____

La telofase 1 es muy parecida a la fase correspondiente de la mitosis, así que tu puedes escribir lo que en ella ocurre (Ve la fig. 15 y 20):

Los cromosomas se desenrollan y se convierten en _____, La envoltura _____ vuelve a _____ alrededor de la cromatina de ambos polos, el Huso acromático se desarma y da lugar al _____ _____ normal de cada célula. Finalmente, ocurre la citocinesis que da lugar a dos células hijas que pasan a una interfase peculiar.

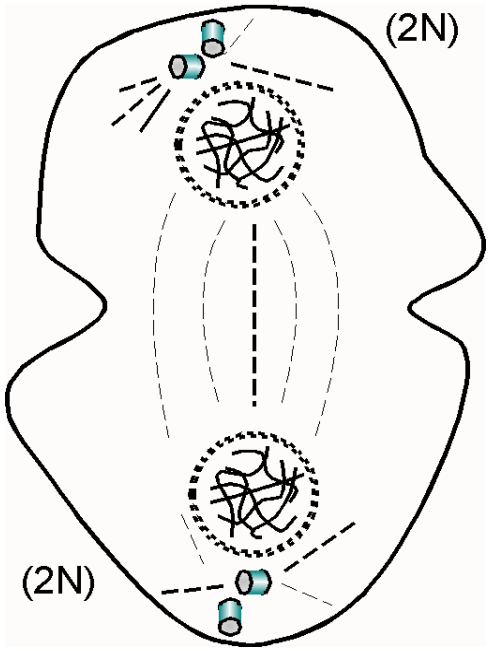


Fig. 20 Telofase 1 de la meiosis. Resalta de amarillo a los centriolos, de azul las nuevas envolturas nucleares, de naranja a los cromosomas que están convirtiéndose en cromatina y de verde a las fibras del huso acromático que aún no se desarman.

La **interfase meiótica** es diferente a la mitótica. Aquí no hay replicación de ADN. Aunque si se duplican los centriolos. Por ello, las células que van a sufrir la 2ª división meiótica son 2N. En los ovarios de una mujer hay unos 200 mil células en este estado que se formaron durante la biogénesis de los ovarios, de ellas se formarán los óvulos (uno por mes) llevando a cabo la segunda división meiótica después de la fecundación. Ve la fig. 21.

¿Cuántos pares de centriolos tiene cada célula en la interfase meiótica, antes del inicio de la 2ª división? _____.

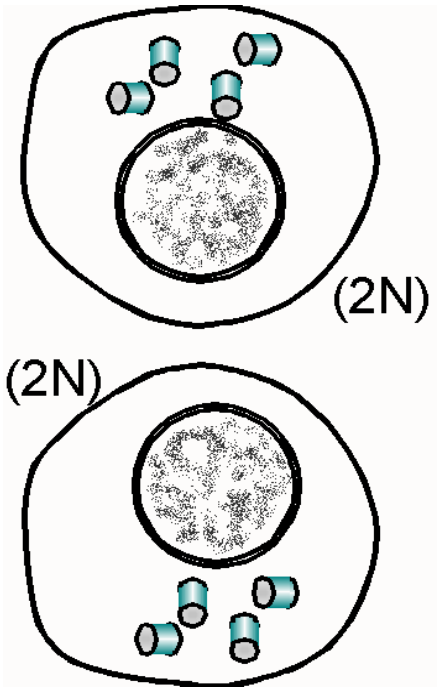


Fig. 21: Sendas células en Interfase meiótica. Colorea de amarillo a los centriolos.

La profase 2 es parecida a la profase mitótica. La diferencia importante es que el ADN no se replicó durante la interfase. De ahí que sólo hay un cromosoma duplicado de cada tipo y no pares de ellos como en la primera división. Escribe que pasa en la profase 2:

La envoltura nuclear _____ _____, la cromatina se _____ _____ para dar lugar a los _____ _____, los pares de centriolos se desplazan hacia los lados ____ _____-_____ organizando el citoesqueleto para armar el _____ _____. Ve la Fig. 22.

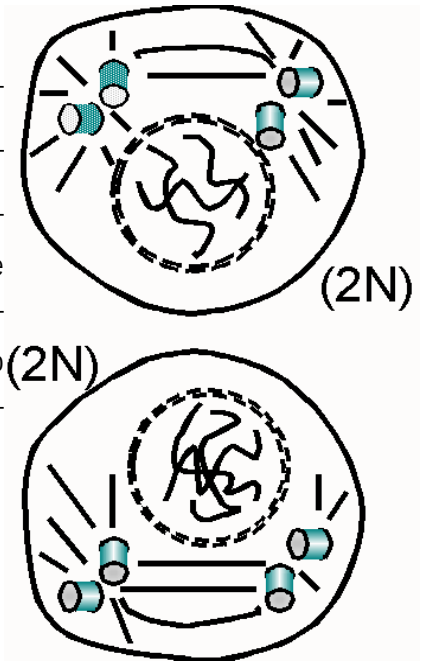


Fig. 22: Profase 2 de la Meiosis.

La metafase 2 también es casi igual a la metafase mitótica. Sin embargo aquí ambas células sólo tienen un cromosoma metafásico de cada par de cromosomas homólogos, es decir, sólo hay cromosomas heterólogos y el plano central de la célula ha girado 90°.

Colorea de rojo, en la fig. 23, a la cromátida izquierda de cada cromosoma metafásico y de azul a las cromátidas de la derecha. Escribe que es lo que pasa en esta fase, tú puedes ver las figuras 13 y 18: _____ _____ _____ _____ _____ _____.

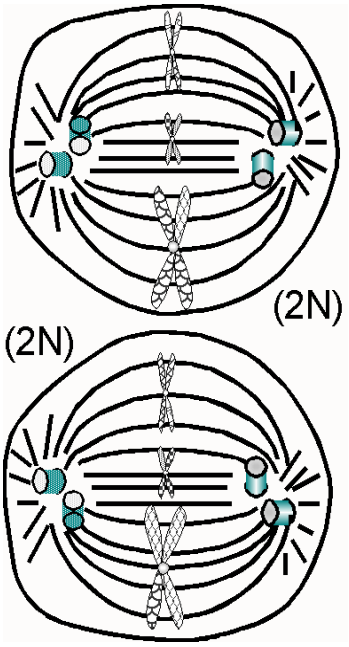


Fig. 23: Metafase 2

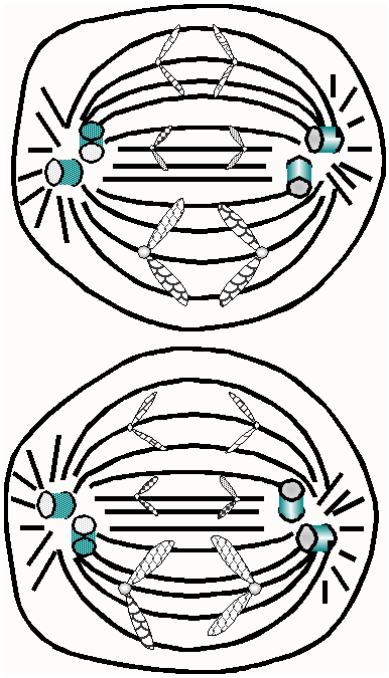


Fig. 24: Anafase 2 de la Meiosis.

En la **anafase 2** ocurre algo diferente a la fase correspondiente de la mitosis. Pero esto es algo paradójico, pues en realidad es el resultado del mismo evento. Al dividirse los cinetocoros, las cromátidas son jaladas por los elementos del huso, una hacia el polo este y la otra al oeste. Así pues, las cromátidas juegan al azar ocurriendo una recombinación genética a nivel de “paquetes” de genes (los cromosomas). Ve la fig. 24.

¿Las cromátidas que coloreaste de rojo, en la fig. 24 a dónde se desplazaron al _____. Y las cromátidas que pintaste de azul, ¿a dónde? _____.

¿Cómo son las cromátidas hermanas en la anafase 2? Son genéticamente _____.

Finalmente, la meiosis termina con la **Telofase 2**, que es casi idéntica a la parte final de mitosis. Escribe, por tanto, qué ocurre en esta fase, puedes ver las figuras 15 y la 25: En cada célula, reaparece la _____ _____, el huso acromático se _____, las cromátidas se _____ y dan lugar a la cromatina, los centriolos organizan el citoesqueleto normal de la célula y ocurre la _____ repartiendo el citoplasma, una mitad, a cada célula hija.

¿Cuántas células se forman al final? _____.

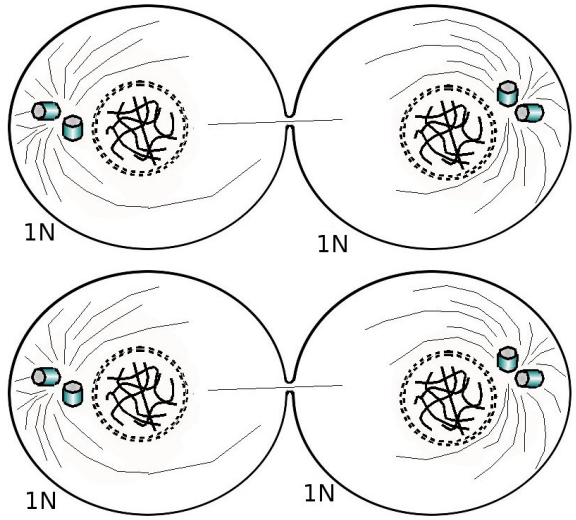


Fig. 25: Telofase 2 de la Meiosis

Ahora compara los diagramas de flujo de las tres divisiones celulares principales:

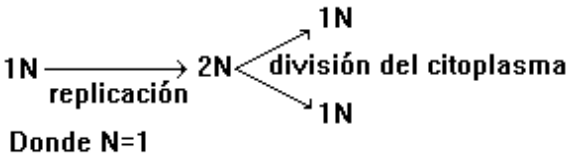


Fig. 26: Diagrama del flujo de información genética en la Amitosis = Fisión Binaria.

¿Cómo es la información genética que posee cada célula hija de la meiosis? _____.

¿Cuántos juegos de información tiene cada célula derivada de la segunda división meiótica? _____.

Compara los tres procesos de división celular estudiados, busca diferencias y parecidos: Observa los diagramas (figuras 26, 27 y 28). Ellos representan a la amitosis, mitosis y meiosis. _____
_____
_____
_____

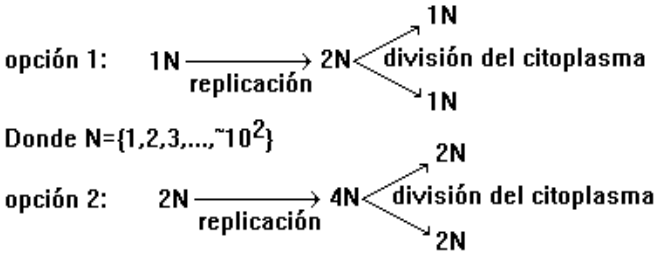


Fig. 27: Diagrama del flujo de la información genética durante la Mitosis en células haploides y diploides.

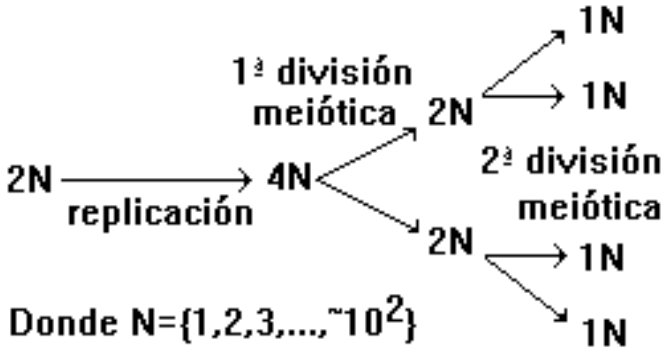


Fig. 28: Diagrama del flujo de la información genética durante la Meiosis.

¿Qué tipos de células son las que llevan a cabo la amitosis? _____.

¿Qué tipos de células son las que llevan a cabo la mitosis? _____.

¿Qué tipos de células son las que llevan a cabo la meiosis? _____.

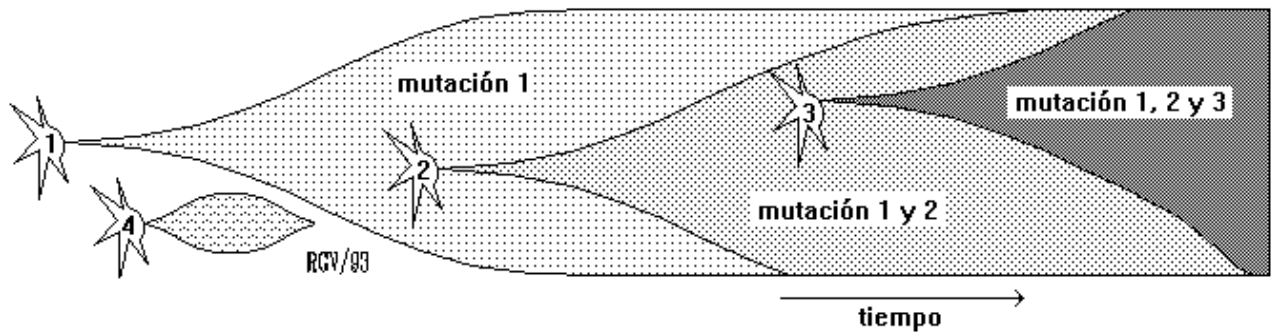


Fig. 29: Modo de aparición de las mutaciones en poblaciones que se reproducen asexualmente

Reproducción Asexual

La reproducción asexual existe desde que apareció la vida. Cada organismo que la lleva a cabo produce descendientes genéticamente idénticos ya que la base molecular de la reproducción es la **replicación** del ADN. Por lo común, los recursos que un organismo invierte en esta reproducción son reducidos en contraste a la variante sexual, que es más costosa.

El hecho de que los descendientes sean iguales hace que la única fuente de variabilidad sean las mutaciones[1] y por lo tanto el proceso evolutivo se dificulta, pues es necesario que en una misma línea de descendencia surjan progresivamente las mutaciones convenientes para adaptarse al entorno cambiante. Lo que evidentemente resulta poco probable. Ve la fig. 29.

Aunque ese escollo puede ser compensado por los organismos con reproducción asexual al generar muchos descendientes por cada generación, disminuyendo el tiempo que tardan en reproducirse y aumentando el número de generaciones por año que generan. Aumentando con ello la probabilidad de que aparezcan mutaciones adecuadas a las modificaciones del ambiente, Aún así –si hay reproducción sexual- es más fácil la reunión de las mutaciones ventajosas en un solo organismo. Ve la figura 30.

Debido a ello, los linajes de seres vivos que ocupan hábitats estables durante periodos prolongados de tiempo tienden a originar especies con reproducción asexual. De hecho la reproducción asexual existe en todos los filos de los seres vivos, incluso en aquellos que lo hacían sexualmente.

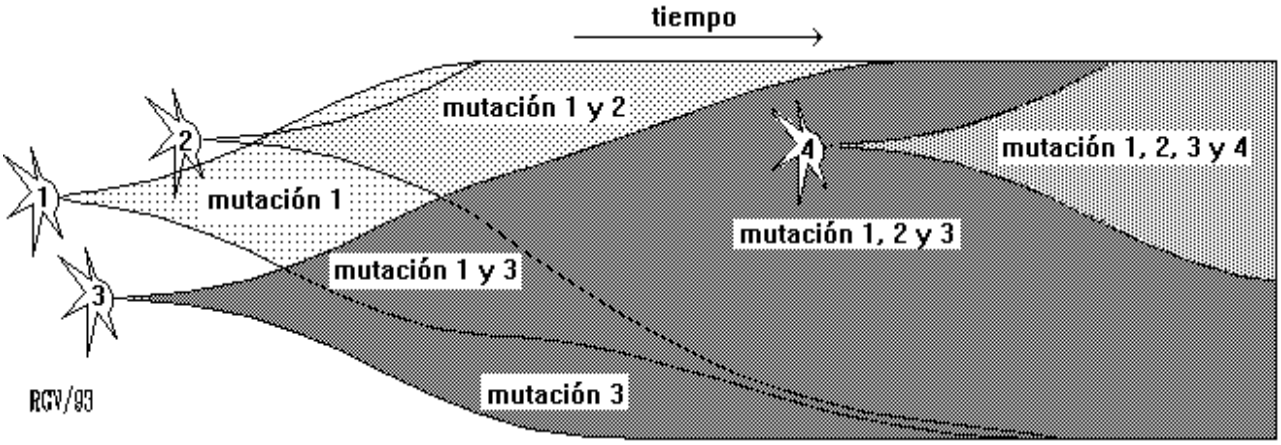


Fig. 30: Modo de aparición de las mutaciones en poblaciones que se reproducen sexualmente. Nota como las mutaciones pueden surgir en cualquier organismo para luego reunirse en un solo organismo producto de la cruza de los portadores de las diferentes mutaciones.

1 Una mutación (*muta-* = cambio)es cualquier cambio en la información genética de un organismo. Lo cual afecta a la estructura, la fisiología o la conducta del mismo. Ya que éstas dependen de la información del ADN. Ver más detalles en: Govea V., R. y Serrano V., L (1993) *Fascículo 6 de biología 2*, CB. Méx.

Por ejemplo, la apomixis en la reproducción asexual a través de semillas originadas de células diploides sin fusión de gametos, ha surgido varias veces en 40 familias de plantas en unos 400 géneros (Nogler & van Dick 2001).

La reproducción sexual.

En esta reproducción, lo fundamental es la formación de nuevos organismos a partir de la fusión de células especializadas llamadas gametos (**singamia**). Estas células sexuales se caracterizan por ser haploides (1N) y de provenir (directa o indirectamente) de la meiosis, durante la cual hubo el rearreglo de genes llamado recombinación genética.

La reproducción sexual requiere más recursos que la asexual y a corto plazo no tiene ventajas evidentes sobre las variantes asexuales. Esto se puede apreciar en la tabla donde comparamos entre la eficiencia de la reproducción asexual y la sexual.

Generación	N (tamaño de la población)	
	Partenogénesis	Reproducción sexual
0	1♀ = 2^0	1♀ + 1 macho foráneo ♂
1	2♀ = 2^1	1♀ + 1♂
2	4♀ = 2^2	1♀ + 1♂
3	8♀ = 2^3	1♀ + 1♂
4	16♀ = 2^4	1♀ + 1♂
5	32♀ = 2^5	1♀ + 1♂
6	64♀ = 2^6	1♀ + 1♂
7	128♀ = 2^7	1♀ + 1♂
8	256♀ = 2^8	1♀ + 1♂
9	512♀ = 2^9	1♀ + 1♂
10	1024♀ = 2^{10}	1♀ + 1♂

Nota el costo del macho. Si una hembra se reproduce asexualmente dando lugar a dos crías en cada reproducción, suponiendo sobrevivencia total, al cabo de 10 generaciones, dará lugar a 1,024 descendientes.

En cambio, la misma hembra sexualmente teniendo a 2 crías, una hembra y un macho; y éstos se reprodujeran del mismo modo. Al cabo de 10 generaciones habrá menos descendientes. ¿Cuántos, después de 10 generaciones de reproducción sexual? _____.

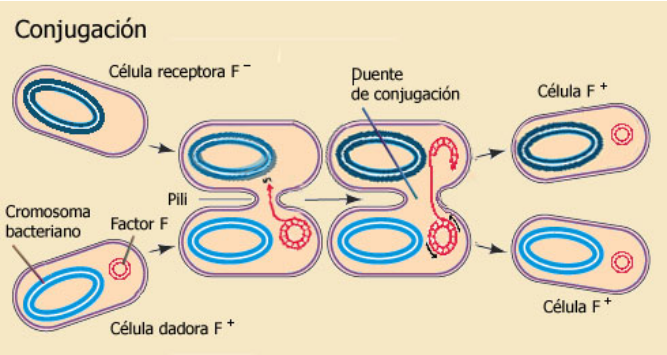


Fig. 31: Conjugación bacteriana, paso de un plásmido a otra célula a través de un pilli.

Nótese, hasta los *Monera* poseen mecanismos cercanos a la sexualidad pues comparten algo de información genética, tal como la *conjugación*. Ve la figura 31.

El surgimiento de la verdadera sexualidad fue posible después del origen de las células eucarióticas Por lo que se remonta a hace unos ≥ 1,500 millones de años (1.5 Ga). Y proviene de aparición concertada de dos fenómenos opuestos: La singamia y la meiosis.

Cómo la fusión de gametos debida a la singamia duplica el número de cromosomas y ello, provoca la muerte por desbalance de proteínas, entonces, se requirió un proceso opuesto que disminuyera el número de cromosomas a la mitad, la meiosis.

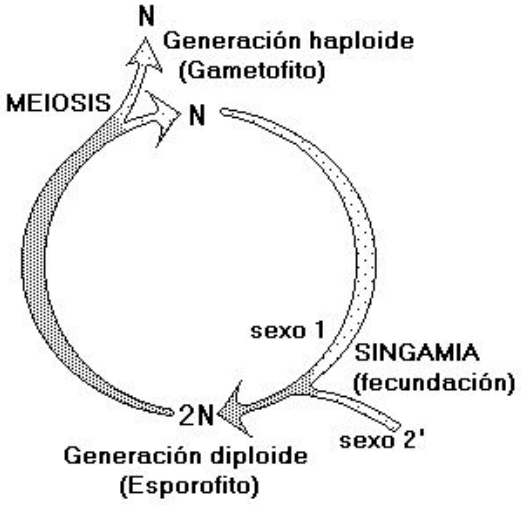


Fig. 32: Ciclo de Vida Haplo-diplóntico. Colorea de verde la porción diploide del ciclo y de amarillo la haploide.

Así, a la singamia le sigue un proceso que reduce a la mitad la información genética. Ve la fig. 32.

¿Cómo se llama el proceso que reduce el número de cromosomas en ½? _____.

Dado que la fase 1n dura lo mismo que la fase 2n a este ciclo se le califica de _____.

Eso se denomina Alternancia de Generaciones: una generación haploide sigue a una diploide. Responde, según lo dicho párrafos antes, ¿cuál reproducción, sexual o asexual, tiene menos ventajas a corto plazo? La reproducción _____.

A menos que la sexualidad mantenga a raya a los parásitos dando hijos con diferentes genes. Impidiendo así que los patógenos arrasen con la población entera.

Otra ventaja de las especies sexuales es su facilidad para reunir las mutaciones provechosas que ocurren en diferentes organismos de una especie. Así, el tiempo transcurrido para que un ser vivo tenga como patrimonio a todas ellas es mucho menor y no hay que esperar a que aparezca dos veces la misma mutación, sino que sólo se junten durante la singamia.

La ventaja anterior, es decir, la viabilidad evolutiva de una especie, es una ventaja a largo plazo, pues sólo un entorno que cambie puede darle valor al hecho de mantener mutaciones que por lo general disminuyen el el desempeño de los organismos a su medio.

Otra ventaja está ligada al hecho de que la información de los organismos sufre daños más temprano que tarde. Esos daños inducen mutaciones en el ADN, modificando genes de importancia y haciendo que los organismos que las portan sean menos eficientes e incluso enfermen o mueran. La singamia reuniría a los ejemplares no dañados de esos genes y durante la recombinación de los mismos en la meiosis se formarían organismos libres de genes letales y subletales. [2]

Ahora bien, la reproducción sexual no requiere en primera instancia de ningún tejido, órgano o aparato especializado que la lleve a efecto. Solo se necesitan 2 células haploides, los gametos. Así eran los Protistas hace 1.5 Ga (giga-años).

Recuerda, ¿Cuántos juegos de cromosomas tienen los gametos? _____.

La verdadera sexualidad aparece en el reino *Protista*. En este caso el papel de los gametos lo despliegan los mismos organismos unicelulares o una célula especializada del ser colonial. Al principio los organismos eran haploides, al ocurrir la singamia se convertían en diploides e inmediatamente ocurría la meiosis además de la recombinación genética que esta división implica, es decir, presentaban un ciclo de vida con alternancia de generaciones.

Es posible seguir el camino plausible (creíble) de la alternancia de generaciones, desde un ciclo con predominancia del organismo haploide (**gametobionte**)[3] hasta el otro extremo, la dominancia del cuerpo diploide (**esporobionte**). Ve las figura 33

De ahí que podemos distinguir 3 tipos de ciclos de vida de acuerdo a la longevidad, complejidad e independencia del organismo en sus fases haploide y diploide:

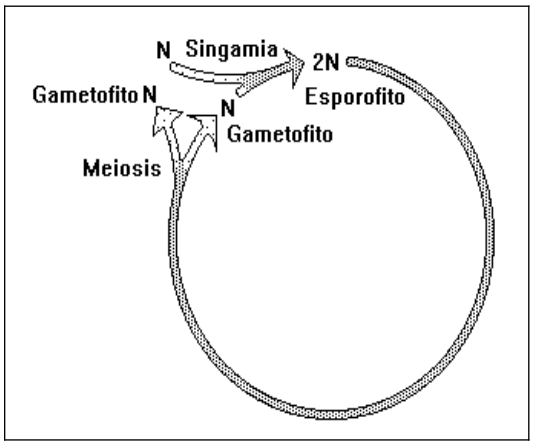


Fig. 33 Ciclo de Vida Diplóntico. Colorea de verde la porción diploide del ciclo y de amarillo la haploide.

- **Ciclo de vida haplóntico**. Caracterizado por la mayor duración y complejidad de la fase haploide del organismo. Es el más antiguo.
- **Ciclo de vida haplo-diplóntico**. Ambas fases, la haploide y la diploide, del organismo son similares en tamaño y longevidad, es decir, tienen la misma importancia y complejidad. Fig. 32. .
- **Ciclo de vida diplóntico**. Aquí la fase haploide está muy reducida en importancia, longevidad, complejidad e independencia a cambio de la mayor relevancia de la fase diploide del organismo. Este ciclo es el más reciente en aparecer. Fig. 33.

La dominancia del esporobionte (2N) es una tendencia evolutiva muy clara en los reinos eucarióticos. Tal vez porque, si un organismo es haploide entonces sólo tiene un ejemplar de cada gen importante. Si uno de ellos resulta dañado por un mutágeno, entonces, el organismo puede enfermar o morir.

En ambos casos el "bicho" es seleccionado negativamente y desaparece porque no tiene forma de corregir esos daños. A menos que lleve a cabo la reproducción sexual. La cual permite, después de la singamia el reordenamiento de genes por la recombinación que ocurre en la meiosis.

2 De hecho, se sugiere que la razón del origen de la sexualidad tuvo que ver con la reparación de daños al ADN y sólo después se le reclutó como proceso reproductivo.

3 Cuando los términos fueron inventados, dominaba el esquema de 2 reinos y se creía que las algas eran plantas y se usaban los términos **Gametofito** (la planta que genera a los gametos) y **Esporofito** (la planta que se reproduce mediante esporas).

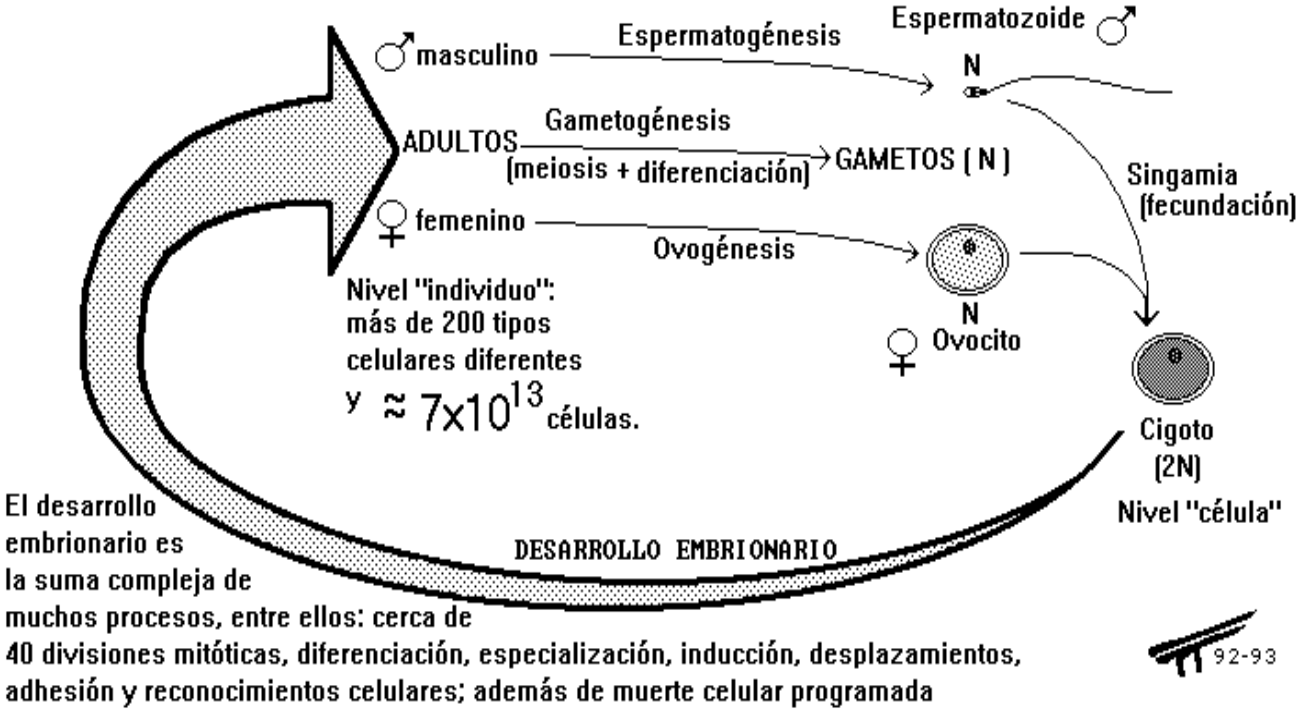


Fig. 34: Ciclo de Vida con alternancia de generaciones en Animalia

Con todo y la reparación permitida por la reproducción sexual. La especie es frágil, ya que a los mutágenos se los va a encontrar por todos lados y el organismo siempre será susceptible de ser dañado en otro gen importante. Sin embargo, cuando el organismo es diploide, la probabilidad de que muten simultáneamente las dos copias de cada gen que posee es irrisoria.

Cuando ocurre una mutación, el gen dañado no funciona correctamente, pero no pasa a mayores pues el organismo posee otro ejemplar del gen para llevar a cabo la función y el organismo no enferma, no muere y por lo tanto es seleccionado positivamente.

En cierto modo, por ello podemos decir que el verdadero sexo débil es el sexo masculino; pues los hombres poseemos sólo un ejemplar de los genes del cromosoma «X». Por ello cuando nos toca en dicho cromosoma, un gen mutado que no lleva a cabo su función adecuadamente, nosotros enfermamos o morimos de un mal genético. Las mujeres en cambio tienen menos probabilidad de ello porque tienen dos cromosomas «X». De modo que cuando un gen de de los más de mil de dicho cromosoma no funciona bien, la otra copia del gen en el cromosoma homólogo puede suplir la deficiencia del primero.

Reproducción en *Animalia*

En los animales la alternancia de generaciones llega al extremo absoluto. La generación haploide, el gametobionte (*gam-* gameto, *bio-* = _____- y *-onte* = ser), se ve reducido a su expresión mínima: el mismo gameto. De allí nuestro desconocimiento de que tenemos dos cuerpos uno pluricelular, el que conocemos y otro unicelular, nuestros gametos.

Algunas células del esporobionte llevan a cabo la meiosis originando a los gametofitos. El desarrollo de estos se ve reducido a la diferenciación celular de los gametos masculinos y femeninos que ocurre, por lo general, en organismos separados. Ve la fig. 34.

La tendencia evolutiva en *Protista*, *Plantae* y *Animalia* es que los gametos de diferente sexo se tornen distintos porque ellos cumplen – a fin de cuentas - con diferentes papeles.

Los gametos femeninos, los **ovocitos**, son muy grandes, inmóviles y tienen enormes cantidades de ARNm y sustancias alimenticias de reserva porque ellos:

1.- Llevan al otro juego de información genética para restablecer el estado diplóntico y las mitocondrias del nuevo esporobionte.

2.- Son responsables de sostener el desarrollo embrionario completo o sus primeras fases, dependiendo de los grupos de animales de que se trate.

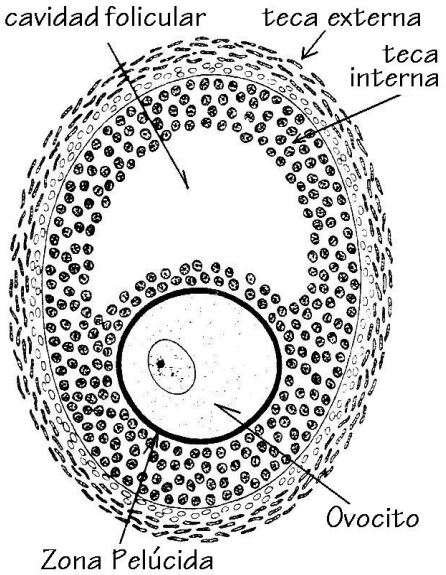


Fig. 35: Ovocito (ovo- = huevo y cito- = célula) dentro de un folículo.

En la fig. 35 puedes ver un ovocito. Ilumínalo de rosa. ¡ojo! Nota que el ovocito se encuentra dentro de un folículo (en este caso un folículo aún inmaduro) el cual es una estructura ovoidal formada por células de tamaño normal cuyo papel es proteger y alimentar al ovocito además de fabricar hormonas sexuales femeninas. Las envolturas foliculares son 2 capas de células pequeñas. ¿Cómo se llaman? _____ _____ y _____ _____.

En cambio, los gametos masculinos, los **espermatozoides**, son pequeñas células móviles con poco citoplasma y un poderoso undulipodio (flagelo). Los espermatozoides son producidos por millones[4] porque su función es:

1. Transportar el juego de cromosomas que componen la información genética del macho.
2. Desplazarse en búsqueda del gameto femenino, el ovocito.
3. Destruir la capa pelúcida que es una capa protectora del ovocito para permitir la singamia.
4. Introducir su núcleo y centriolos al citosol del gameto femenino para la casi inmediata cariogamia.

La fig. 36 representa a un espermatozoide humano normal. Su estructura básica es clara, se divide en tres partes: La cabeza, la pieza intermedia y la cola.

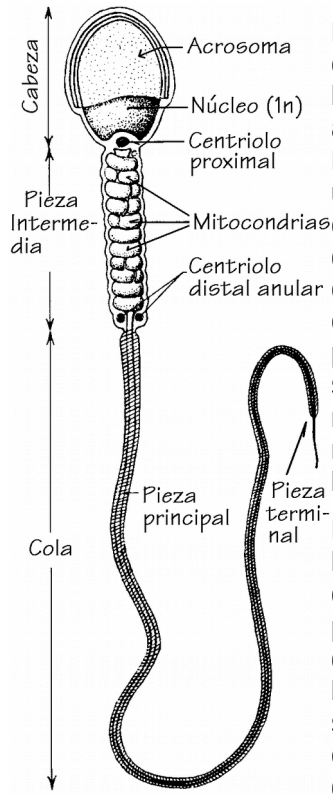


Fig. 36: Espermatozoide humano. Colorea de rojo el sitio donde se encuentra el ADN y de naranja la vesícula se secreción

En la cabeza se encuentra el **núcleo celular** con su cromatina altamente condensada; El **acrosoma** que es una vesícula llena de enzimas destructoras de la capa pelúcida del ovocito y un par de centríolos que participarán orientando el ensamble del huso acromático en todas las mitosis del esporofito luego de la singamia.

En la pieza intermedia hay muchas **mitocondrias** dispuestas en espiral, su función es la de generar energía libre (ATP) a partir de sustancias tomadas del exterior (semen o líquido de lubricación vaginal) para impulsar all gameto.

La cola no es otra cosa que un extraordinario **undulipodio** (recuerda que antiguamente a este organelo se le llamaba flagelo) que impulsa al espermatozoide en el interior de los genitales femeninos a una velocidad de 1.5 mm/min.

En contraste con los minúsculos espermatozoides, nota el enorme tamaño del ovocito y la consecuente incapacidad de su núcleo para dirigir la síntesis de todas las proteínas y nutrientes necesarios para sostener el desarrollo embrionario. De ahí que, las células foliculares que lo rodean se encarguen de sintetizar buena parte de dichas sustancias y de transferirlas al ovocito.

4 La cantidad de espermatozoides humanos liberados por eyaculación ha estado disminuyendo durante los últimos 50 años; de 113 millones por ml de semen en 1940 a sólo 66 millones en 1990. La causa probable es la contaminación con DDT, dioxinas, hidrocarburos policíclicos aromáticos y otros. Ver a Rennie, J. (1993) *Malignant mimicry Sc. Am,*. 269(3):15.

¡Fíjate! Calcula el volumen de ovocito y de una célula folicular. Supón que ambas células son esféricas. Datos: diámetro de ambas células: 130 µm y 7 µm respectivamente. Usa la fórmula $V= \pi r^2$

Volumen del ovocito = _____ μm^3.

Volumen de la célula folicular = _____ μm^3.

Como los gametos son producidos por órganos especiales: las gónadas y éstas por lo común no se encuentran solas, sino junto a otros órganos que cooperan con ellas para la reproducción; ahora vamos a describir los aparatos reproductores.

Funciones de los Aparatos Reproductores

La energía y esfuerzo implicados por cada sexo es distinta, por ello la conducta reproductora de machos y hembras es diferente, de hecho opuesta. Las hembras son más selectivas, no con cualesquier. Los machos tratan de no perder oportunidades.

Funciones del aparato reproductor femenino:

1) **Ovogénesis**. Producir gametos femeninos (*ovo-* = huevo, *gene-* = producir, *-sis* = _____).
2) **Secreción endócrina**. Producir hormonas sexuales femeninas (progesterona y estrógenos) que inducen la aparición de los caracteres sexuales primarios durante el desarrollo y los caracteres secundarios y la conducta reproductiva peculiar de la hembra.
3) **Copulación**. Esta conducta asegura que los gametos masculinos queden lo más cerca posible de los ovocitos para que la singamia se lleve a cabo.
4) **Gestación.** Es el proceso que permite el desarrollo embrionario de las crías. Estamos hablando por supuesto de los mamíferos, cuyas hembras sostienen, alimentan y protegen dentro de si (el útero) a la descendencia desde la singamia hasta el nacimiento (parto).
5) **Parto**. Consiste en sacar del útero a las crías una vez que ha terminado el desarrollo embrionario.
6) **Lactancia**. Es la acción de la hembra que consiste en proporcionar a las crías una secreción alimenticia. En las aves existe un comportamiento similar, que consiste en proporcionar alimento regurgitado.

Funciones del aparato reproductor Masculino:

1) **Espermatogénesis**. Producir a los gametos masculinos (espermatozoides).
2) **Secreción endócrina**. Producir hormonas sexuales masculinas (testosterona) que inducen la aparición de los caracteres sexuales primarios durante el desarrollo y los caracteres secundarios y la conducta reproductiva peculiar del macho.
3) **Copulación o coito**. (*copul-* = conexión) Es la conducta e interacción de los organismos y sus aparatos reproductores para colocar los espermatozoides lo más cerca posible de los óvulos.

Aparatos Reproductores

Como la mayoría de los animales son dioicos (*di-* = 2, *oico-* = casa), es decir, que los sexos residen en organismos separados. Existen dos aparatos reproductores diferentes por cada especie.

Nosotros sólo vamos a revisar la estructura y función de los aparatos reproductores de los mamíferos, además usaremos imágenes de esos aparatos en los humanos.

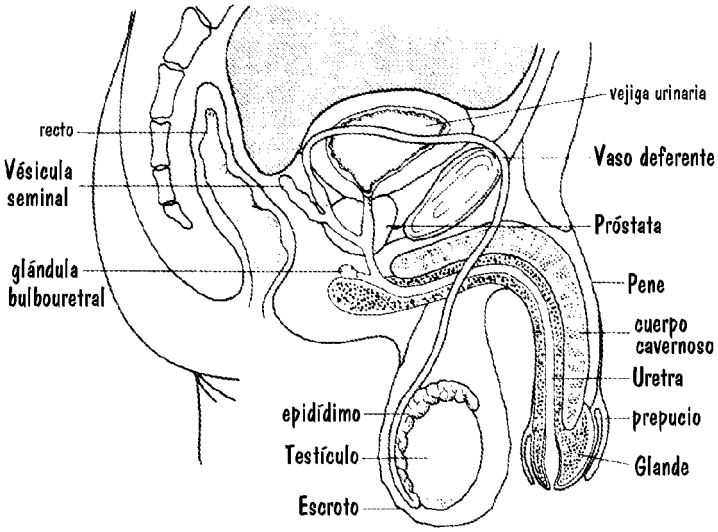


Fig. 37: Esquema del aparato reproductor masculino humano, vista lateral

Por supuesto, comprende, que lo hacemos así por conveniencia, importancia social y la cercanía con lo que conoces o te inquieta; mas no porque sea representativo de todos los *Animalia*, aunque si de muchos.

Los aparatos reproductores masculino y femenino comparten algunas funciones, ¿Cuáles son? _____ _____.

¿Cuál aparato realiza más funciones? _____.

Aparato Reproductor Masculino

Como ocurre con todos los aparatos para poder cumplir con su función es necesario que varios de sus órganos lleven a cabo una serie de procesos preparatorios y colaterales, de modo que la acción coordinada de ellos implique cumplir con la tarea principal a cargo del aparato. Fig. 37**:**

Así pues, vamos a describir las tareas de cada uno de los órganos. Elabora una tabla con los siguientes encabezados: Órgano, Aparato reproductor al que pertenece, Funciones que lleva a cabo y Descripción.

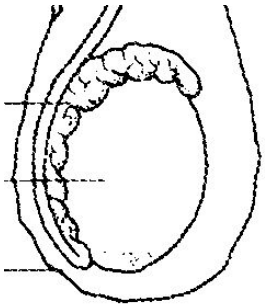


Fig. 38: Bolsa escrotal conteniendo a los testículos. Nota al epidídimo sobre éste último.

Los **testículos** (*testi-* = testigo y *-ulos* = pequeños) son los órganos principales del aparato reproductor masculino. Ellos son en los mamíferos un par de cuerpos ovoides ubicados fuera de la cavidad abdominal dentro de una bolsa musculosa llamada escroto. Contienen largos y delgados tubos ciegos encargados de generar a los espermatozoides (millones c/día). Además, las células adyacentes a los tubos seminíferos hacen la hormona sexual testosterona. Figura 38.

En pocas palabras ¿Cuáles son las funciones concretas de los testículos? (toma en cuenta lo escrito líneas arriba) _____ y _____.

El **epidídimo** (*epi-* = encima y *-didim-* = gemelos) son sendos cuerpos ubicados sobre los testículos (fig. 38). Están formados por la continuación de los tubos seminíferos, en cuya luz maduran las espermátidas (células haploides derivadas de la gametogénesis masculina) y terminan su diferenciación en espermatozoides. Así pues los epidídimos están relacionados con la parte final de la espermiogénesis.

Los **vasos deferentes** (fig. 37 y 39) salen de cada epidídimo y conducen los espermatozoides hasta la uretra. Estos conductos se bloquean o se cortan en la operación llamada **vasectomía** (*vas-* = vaso = tubo, *sec-* =seccionar = cortar) el cual es un método anticonceptivo, hasta ahora casi siempre definitivo y permanente. En la actualidad, por las condiciones económicas, ecológicas del país lo más conveniente es que los hombres se realicen esta operación una vez que hayan tenido su 2° hijo. Ya que ésta es una operación menor muy sencilla y menos riesgosa que la **salpingoclasia** (la ligadura de trompas) femenina.

Colorea en la fig. 54 al testículo de azul, al epidídimo de amarillo, al vaso deferente de violeta y al escroto de rojo.

Vesículas seminales. (fig. 56) Estas glándulas como su nombre lo indica producen el **semen**, que es una secreción que contiene sustancias que sirven para nutrir y proteger a los espermatozoides.

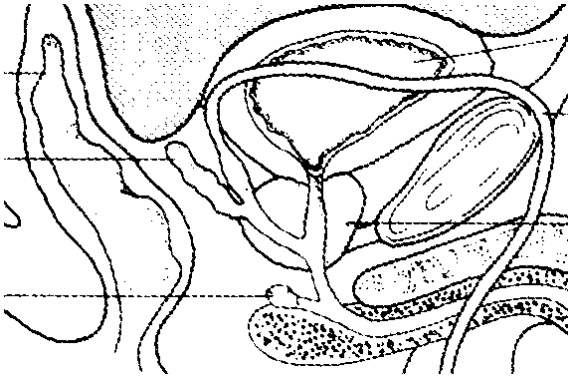


Fig. 39: Al centro está la próstata. En hombres mayores suele hipertrofiarse y generar cancer.

Próstata. Esta glándula también contribuye a la formación del semen (fig 39). Dentro de ella se unen los dos conductos deferentes con la uretra que viene de la vejiga urinaria. Es importante agregar que con cierta frecuencia los hombres mayores de 50 años pueden padecer de cáncer de la próstata o de otros tumores benignos, pero que dificultan la micción. De ahí que después de los 40 años sea conveniente la medición del antígeno prostático para detectar cualquier cambio patológico en ésta estructura. Detectado a tiempo, el cáncer es curable.

Colorea, en la fig. 39, de verde al recto, al vaso deferente de violeta, de naranja a la vesícula seminal, de café a la vejiga urinaria y de amarillo a la próstata.

Glándulas bulbo-uretrales. (fig. 39) Estas pequeñas glándulas ubicadas en la base del pene secretan un líquido cristalino hacia la uretra durante la excitación sexual. Por supuesto no hay que confundir éste fluido con el semen de un color blanco lechoso bastante más opaco. Es probable que su finalidad sea acondicionar a la uretra antes que el semen pase por ella. Pinta de rojo a la glándula bulbo-uretral.

Uretra. Este conducto en los machos de mamífero es muy largo y es compartido también por el aparato urinario (fig. 40). De modo que su papel es doble, pues conduce orina y semen hacia el exterior Pero esos fluidos nunca salen juntos, siempre separados. La uretra en los machos se extiende hasta el exterior por dentro del órgano copulador masculino.

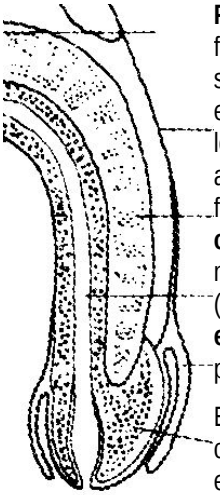


Fig. 40: Corte longitudinal del pene

Pene. (fig. 40) El también llamado falo es el órgano que deposita el semen, es decir, los espermatozoides en la cercanía de los gametos femeninos. Ya sea adentro del aparato reproductor femenino (cuando hay **fecundación interna**) como sucede en los mamíferos o en sus inmediaciones (cuando hay **fecundación externa**) como ocurre en muchos peces y anfibios.

El pene es un órgano eréctil que crece de tamaño durante la excitación sexual llenando de sangre el cuerpo cavernoso (un tejido esponjoso). En su extremo tiene al **glande,** estructura que posee muchos receptores táctiles que participan en la respuesta sexual masculina.

Para proteger al glande hay un cubierta de piel retráctil llamada **prepucio**. Dentro de la tradición cultural judeo-cristiana suele cortarse (circuncisión). La justificación médica de ésta operación acude al hecho de que entre el prepucio y el glande se acumula una mezcla de secreción y mugre llamada esmegma. De modo que cuando el prepucio no puede retraerse "arremangarse", la acumulación de esmegma crea condiciones para la infección del tracto urogenital. Además ciertos estudios epidemiológicos le achacaron cierta responsabilidad en la génesis del cancer cervico-uterino. Ahora se sabe que el evento inicial de la mayoría de los tumores cérvico-uterinos es la infección con alguno de los muchos tipos de virus del papiloma humano (VPH). Los de alto riesgo son tipo 18, 16, 31 y otros. **Ya existen vacunas para prevenir la infección por algunos tipos peligrosos VPH**.

De allí que cierta corriente médica sugirió la extirpación del prepucio de los niños. Sin embargo otra corriente más moderna aconseja, en caso de la incapacidad de retraer el prepucio, realizar la sinequiotomía; la cual no extirpa tejido, sino solo permite arremangar el prepucio y realizar la limpieza del pene. [5]

A los niños debiera enseñárseles a orinar con el prepucio arremangado y a lavarse con agua jabonosa desde pequeños. De ese modo se evitarían riesgos de infecciones de las vías urinarias.

Colorea en la fig. 40 de rojo a la uretra, amarillo al glande y de verde al prepucio.

Escroto. (Fig. 38) Esta bolsa muscular controla la temperatura de los testículos, la cual por ciertas razones aún desconocidas, debe de ser entre 4° y 7° C menor que la temperatura corporal. De otra manera la espermatogénesis se vería reducida e incluso suspendida del todo. Por ello, cuando los testículos no descienden durante el desarrollo embrionario de la cavidad abdominal hacia el escroto o cuando se mantiene abierto el paso entre ambas cavidades (criptorquidia) entonces existe la posibilidad de que el sujeto quede estéril e incluso de desarrollar tumores testiculares.

Ya que al iniciarse la espermatogénesis en la pubertad las células de la línea germinal morirían al quedar expuestas a la alta temperatura del vientre. Por ello es necesario tocar suavemente los testículos de los bebes durante los primeros meses de vida para checar que siempre estén presentes en el escroto y en caso contrario y acudir al pediatra urgentemente.

Aparato Reproductor Femenino

Los **ovarios** son las gónadas femeninas. Ellas se ubican dentro de la parte baja de la cavidad abdominal. Son pequeños cuerpos ovoides en cuya superficie se encuentran los ovocitos dentro de sus correspondientes folículos. Fig. 41.

Una niña, al nacer, tiene cerca de 2 millones de ovocitos, pero muy pronto se reduce su número a más de la mitad. Aunque claro, en una mujer sólo madurarán un total de 350 a 500 folículos; por lo general uno por mes.

5 Ver a Straffon, A. (1987) *Sinequiotomía si circuncisión no*. Fontamara, Méx. 325p

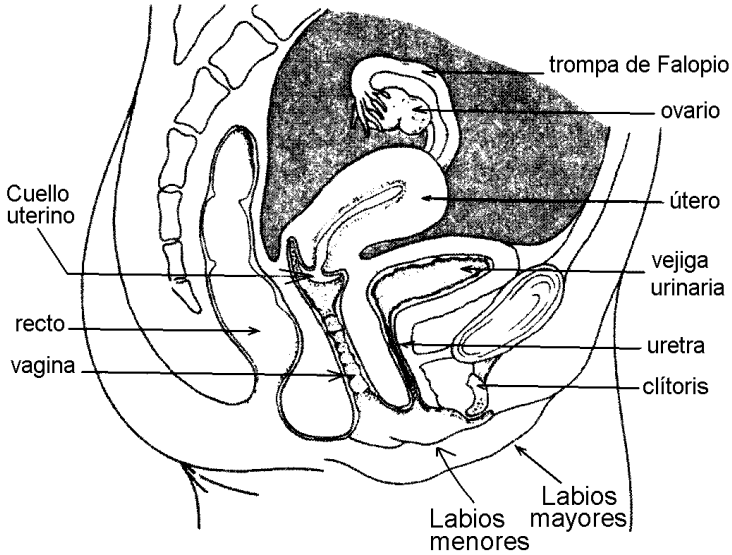


Fig. 41: Vista lateral media del aparato reproductor femenino.

La otra función de los ovarios es producir hormonas sexuales, en este caso, la progesterona y los estrógenos que intervienen activamente en la tarea reproductiva. Colorea en la fig. 42: de rosa al órgano productor de gametos.

Trompas de Falopio. Estos delgados tubos conducen a los óvulos liberados al estallar un folículo maduro hacia el útero. La singamia suele ocurrir en el primer tercio de las trompas. De allí que las trompas conduzcan al esporobionte en desarrollo hacia la capa interna del útero. Colorea de amarillo a la trompa de Falopio visible en la fig. 42.

Fig. 42: Ovario al centro

Por la razón anterior éstos conductos son cortados, "ligados" como se dice en el habla coloquial- con fines de anticoncepción (**salpingoclasia**). Si bien ésta operación es muy sencilla, es una operación ya mayor que requiere hospitalización y anestesia de medio cuerpo; de allí que implique más riesgos y complicaciones que la vasectomía, la cual es siempre preferible.

Útero. Este órgano musculoso y muy distendible realiza la gestación y el parto. En condiciones normales es del tamaño de un puño y se encuentra conectado con las dos trompas a los lados y con la vagina formando un ángulo de 90°. El útero recibe de las trompas al embrión en desarrollo unos 6-7 días después de la fecundación y 280 días (de 38 a 40 semanas) después de la última menstruación impulsa al neonato hacia la vagina.[6] . Ve la fig. 43.

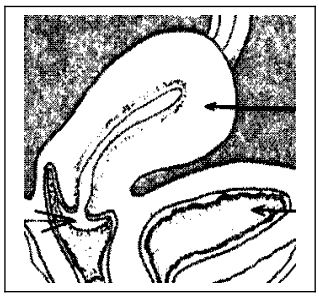


Fig. 43. Matriz (útero). Coloréala de verde.

El útero también se llama matriz (*mat-* = madre e *-triz* = la que hace) así que la capa interna del mismo recibe el nombre de **endometrio**. Esta capa es relevante pues alimenta al embrión en desarrollo y junto a tejidos de éste da lugar a la placenta, el órgano encargado de la respiración, nutrición, excreción y secreción hormonal que requiere el nuevo esporobionte en desarrollo.

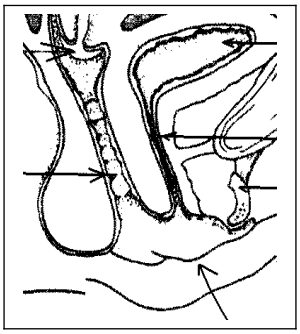


fig. 44 La Vagina es un tubo

Para que haya embarazo deben ocurrir varios procesos, si alguno falla o no ocurre entonces no hay embarazo. A saber:

1. La **Ovulación**. La liberación del ovocito maduro de un folículo.
2. El **coito** o copulación. La deposición de semen en la vagina.
3. La **singamia** o fecundación. La unión de los gametos.
4. La **implantación**. La anidación del cigoto (2n) en desarrollo dentro del endometrio.

Dentro del útero se pone el dispositivo intrauterino (DIU) para prevenir el embarazo bloqueando la implantación. Este dispositivo debe de ser puesto por un médico o enfermera obstétrica. Se recomienda que se ponga luego del parto para espaciar los nacimientos.

Es importante que las mujeres acudan cada año a las clínicas para la detección temprana del cáncer cérvico-uterino. Este examen consiste en tomar muestras de las células de descamación del cuello de la matriz para averiguar si hay signos de cancerización. Este cáncer es muy curable si se descubre en sus inicios.

6 La gestación en los humanos dura de 36 a 41 semanas.

La **vagina**. (fig. 44) Es el órgano copulador femenino, este conducto se encarga de recibir al pene, de ahí que durante el coito secrete un líquido lubricante para facilitar la cópula. Los "óvulos" (especie de supositorios) y las espumas espermaticidas se colocan en el fondo de este tubo cuyas paredes delimitan una cavidad virtual (sólo abierta cuando contiene un objeto). Las espumas deben de usarse conjuntamente con condones.

La vagina junto con el útero y la vulva constituyen el canal del parto durante el nacimiento. Colorea de violeta a la vagina dibujada en la fig. 44.

La **Vulva**. (fig. 44) Está formada por varias partes que se ubican a la entrada del tracto genital femenino:

- Los **Labios mayores** son dos pliegues cutáneos que tapan el acceso a las demás estructuras genitales. En la parte exterior están cubiertos de vello púbico que se extiende hacia el monte de Venus.
- **Labios menores**. Un 2° par de pliegues internos rodean por la parte superior al clítoris. Al igual que el clítoris los estos labios poseen muchos receptores táctiles activos en la respuesta sexual.
- **Clítoris**. Es una estructura homóloga al pene. Por lo que es lógico que durante la excitación sexual sufra erección y posea detectores táctiles.
- **Meato urinario**. Es la abertura de la corta uretra femenina (3 ó 4 cm). Recuerda, en las hembras de mamíferos los aparatos reproductor y urinario no comparten estructuras como en los machos.
- **Himen** Es una membrana que cubre parcialmente la entrada a la vagina, permitiendo la salida del flujo menstrual. Se cree que después del nacimiento el himen no cumple con ninguna función biológica. El orificio puede tener varias formas diferentes, algunas suelen sangrar un poco durante el primer coito, otras no lo hacen.

Por ello **el himen no es un "sello de garantía"**, es decir, si no sangra eso no significa que no se sea virgen; y si hay hemorragia, tampoco quiere decir que la mujer forzosamente haya sido virgen. Por otra parte, la dignidad humana no depende de un trozo de tejido, sino de la suma integral de los rasgos de la persona. Poco importa si se es mujer u hombre, la honestidad y el valor ético es un valor global y no de una parte, que incluso, se ignora con claridad cual pueda ser su función, si es que acaso la tiene.

Colorea en la fig. 60 al labio mayor de azul, al labio menor de verde, al clítoris de rojo. También ilumina a la uretra de amarillo y a la vejiga urinaria de naranja.

Las **glándulas mamarias**. (fig. 45) En los mamíferos, el cuidado y protección de las crías está ligada con glándulas productoras de leche. Las cuales tienen la nueva función, cardinal, para el éxito reproductivo, la **lactancia.** Dado que las crías de mamíferos nacemos muy inmaduras y no podemos comer por nosotros mismos, sino por nuestras madres. Consideremos así, a las mamas, como anexos al aparato reproductor.

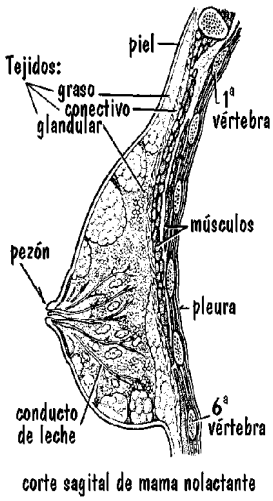


Fig. 45: Glándula mamaria humana

El alimento más adecuado para los bebes es la leche humana. Ninguna leche industrializada puede sustituirla sin desventajas. El lípido DHA (ácido docohexaenoico) es esencial. La leche humana lo contiene, no así la de vaca. Para asegurar leche de buena calidad las madres deben comer variado y suficiente. Incluyendo aceite de pescado como suplemento durante la lactación.

Existe cierta evidencia de que la leche de vaca consumida durante los primeros meses de vida no sólo, no aporta el balance de nutrientes adecuado, sino que incluso estaría ligada con la génesis de la diabetes juvenil. A más leche vacuna, más casos de diabetes [7]

No existe un acuerdo respecto a cuántos meses debe de mamar un bebe. Un consejo prudente serían unos 6 meses como mínimo. Ello probablemente disminuiría el riesgo de diabetes en la adolescencia. Y para la madre significaría una fuerte disminución del riesgo de padecer cáncer de mama. A propósito:

Cada mes durante el mismo día del ciclo menstrual toda mujer debe de revisar sus senos para detectar cualquier cambio y así permitir el diagnóstico temprano del cáncer de mama. Ve la figura 46.

Si bien el riesgo es menor, los hombres también deberían estar atentos a su pecho, sobre todo si hay antecedentes de carcinoma mamario, pues hay causa genética (mutaciones en los genes *BRCA1* y *BRCA2*).

7 Ver : Rennie, J. (1992) **Formula for diabetes?** *Sc. Am.*, vol. 267, núm. 4, octubre, p. 13.

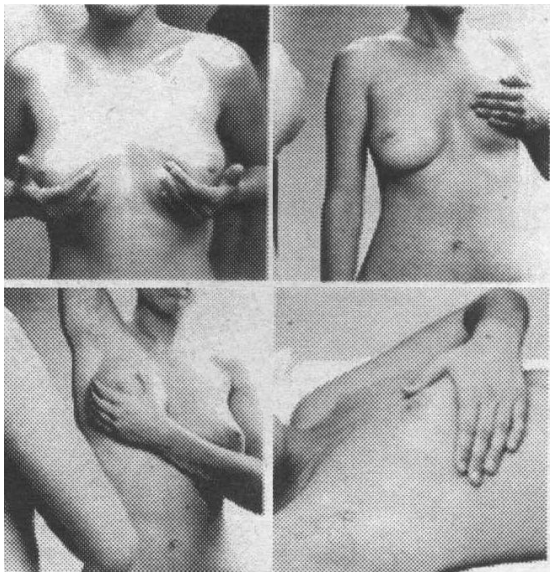


Fig. 46 Técnica para el auto examen de mama.

El examen debe realizarse el mismo día de cada ciclo menstrual. [8]

1. Con los dedos planos, palpa sobre toda la superficie de cada pecho, buscando bultos, hundimientos o endurecimientos.
2. Obsérvate al espejo con los brazos a los lados, luego con las manos sobre la cabeza y finalmente presionando firmemente con las manos sobre las caderas para tensar los músculos del pecho. Busca diferencias en el tamaño y forma, hinchazón o hundimientos. Es normal que ambos pechos sean ligeramente diferentes.
3. Toca tus pechos con los dedos en sentido de espiral comenzando en el pezón y continuando hacia fuera, hasta la axila.
4. Acostada, repite el paso anterior, con una almohada pequeña debajo del hombro del pecho a inspeccionar.
5. Sentada, oprime el pecho con la mano del lado contrario. Después, aprieta suavemente el pezón de cada seno para asegurarte de que no sale ningún líquido.
6. Si observas o detectas alguna bolita, dureza o irregularidad, debes de acudir de inmediato al médico para una revisión y, de ser necesario, realizar un ultrasonido [mamario] y/o mastografía.

8 *Letra S* Nº108, julio 2005, p.5

Ciclo Menstrual, regulación de la función reproductora

En la mayoría de las especies del reino *Animalia*, la reproducción sexual implica una época particular donde los organismos de ambos sexos se buscan y cortejan para procrear, es decir, existe una conducta de **celo** y una etapa, el **estro**, en la cual el aparato reproductor femenino es fértil. Sin embargo, en nuestra especie la posibilidad de procrear existe durante todo el año. Esto es así porque la mujer posee un ciclo que dura alrededor de 28 días y por lo cual se denomina **Ciclo Menstrual**.

El ciclo menstrual es complejo e implica cambios coordinados de varias estructuras, a saber: El **hipotálamo** (una región del cerebro), la **hipófisis** (glándula maestra del sistema endocrino), los **ovarios** y el **endometrio** (la capa interna que recubre al útero). Todas estas estructuras se comunican por vía predominantemente hormonal. En la tabla se muestran las hormonas que fabrican cada estructura y sus respectivos “órganos Blanco”.

Hormona	Estructura productora	“Organos Blanco”
Hormona Liberadora de las Gónadotropinas (**HLG_n**)	Hipotálamo	Hipófisis (las células productoras de HL y HFE)
Hormona Folículo-Estimulante (**HFE**)	Hipófisis	Folículo inmaduro (en el ovario)
Hormona Luteinizante (**HL**)	Hipófisis	Folículo maduro y Cuerpo lúteo.
Estrógeno (**E)**	Folículo inmaduro y Cuerpo Lúteo	Endometrio delgado (en el útero), Hipotálamo y la Hipófisis
Progesterona (**P**)	Cuerpo Lúteo	Endometrio grueso e Hipotálamo
Gonadotropina Coriónica (**G_nC**)	Corión (tejido extraembrionario)	Cuerpo Lúteo (en el ovario) después de la implantación
Prolactina (**PrL**)	Hipófisis	Glándulas mamarias, hipófisis (células productoras de HL) y cuerpo lúteo.

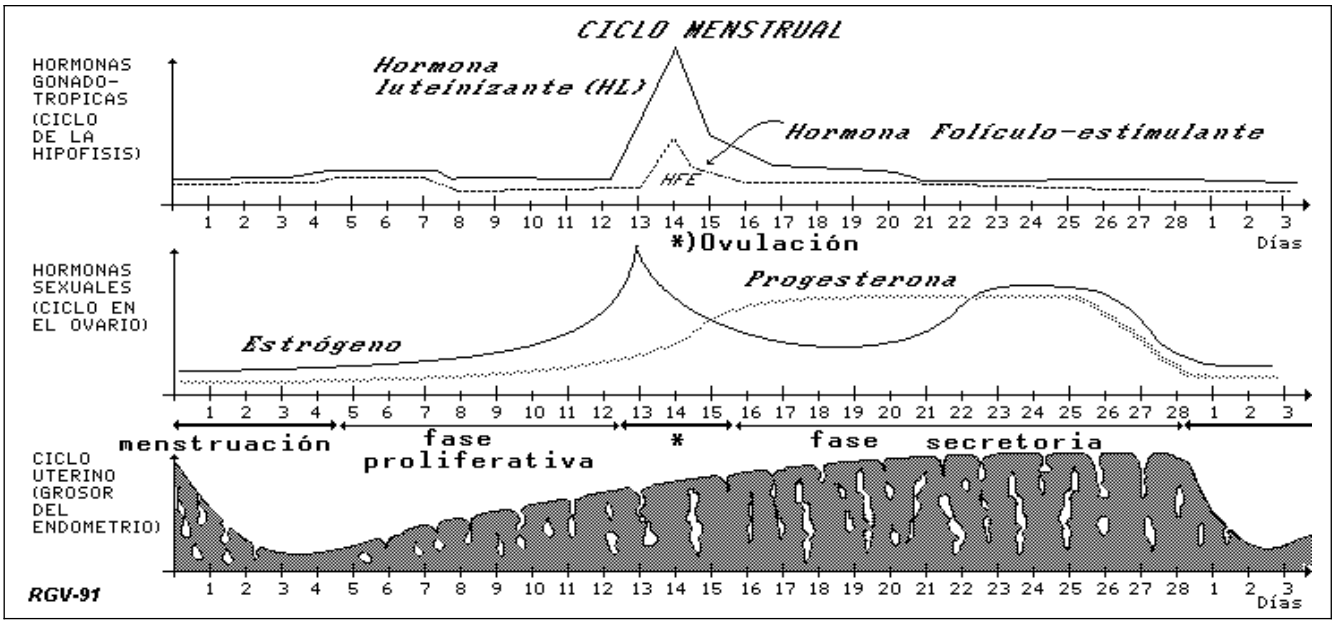


Fig. 47 Cambios en los niveles de las hormonas producidas por la hipófisis, los ovarios y en el grosor del endometrio a lo largo del ciclo menstrual humano.

El Hipotálamo fabrica la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (**HLGn**), la Hipófisis produce las gonadotropinas (las hormonas que actúan sobre las gónadas): la Hormona Luteinizante (**HL**) y la Hormona Folículo-Estimulante (**HFE**). El ovario, a su vez, produce las hormonas sexuales llamadas **Estrógeno** y la **Progesterona**. Y el endometrio, aunque no fabrica hormonas, presenta cambios de grosor y funcionalidad durante el ciclo. Ve la figura 47 y la tabla precedente.

El ciclo menstrual implica el trabajo coordinado de varias estructuras con el fin de lograr por unos días de cada mes la fertilidad del aparato reproductor femenino.

En la descripción de la regulación hormonal, que sigue, observa el esquema de la figura 49 y las otras figuras citadas.

El hipotálamo integra señales del Sistema nervioso y decide iniciar el ciclo ordenando la liberación hipofisiaria de la **HFE** mediante pulsos de la **HLGn**. La **HFE** transportada por la sangre llega al ovario y actúa sobre algunos folículos inmaduros, induciéndolos a crecer y a madurar. Sólo 1 de ellos, en nuestra especie, lo hará con éxito en c/ciclo y mientras ello ocurre, el folículo activado producirá **estrógeno** que por vía sanguínea alcanzará – por un lado- al útero ordenándole al endometrio delgado que se convierta en endometrio grueso (fase proliferativa del ciclo) y al hipotálamo y a la hipófisis –por otro- induciendo la liberación de **HL.**

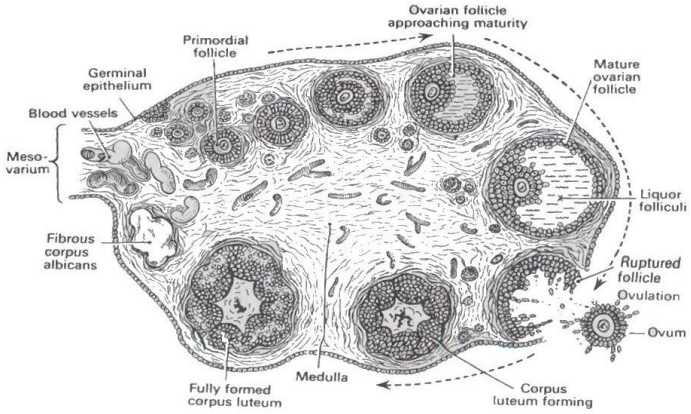


Fig. 48: Corte transversal del un ovario esquematizando el desarrollo de un folículo siguiendo las manecillas del reloj.

Así pues, hacia la mitad del ciclo se alcanzan niveles altos de **estrógeno**, **HFE** y **HL.** Ve la figura 47. Este patrón hormonal induce la **ovulación,** es decir, la liberación del óvulo en las cercanías de la trompa de Falopio. Resalta de verde la representación de la ovulación en la fig. 63.

Ocurrida la ovulación, el óvulo es atrapado por una trompa de Falopio y conducido por ésta hacia el útero. En el primer ⅓ de la trompa, el óvulo suele encontrarse con los espermatozoides y allí ocurre la singamia. El resto del folículo crece y se transforma en el **Cuerpo lúteo,** inducido –obviamente, por la **HL**. Mientras el

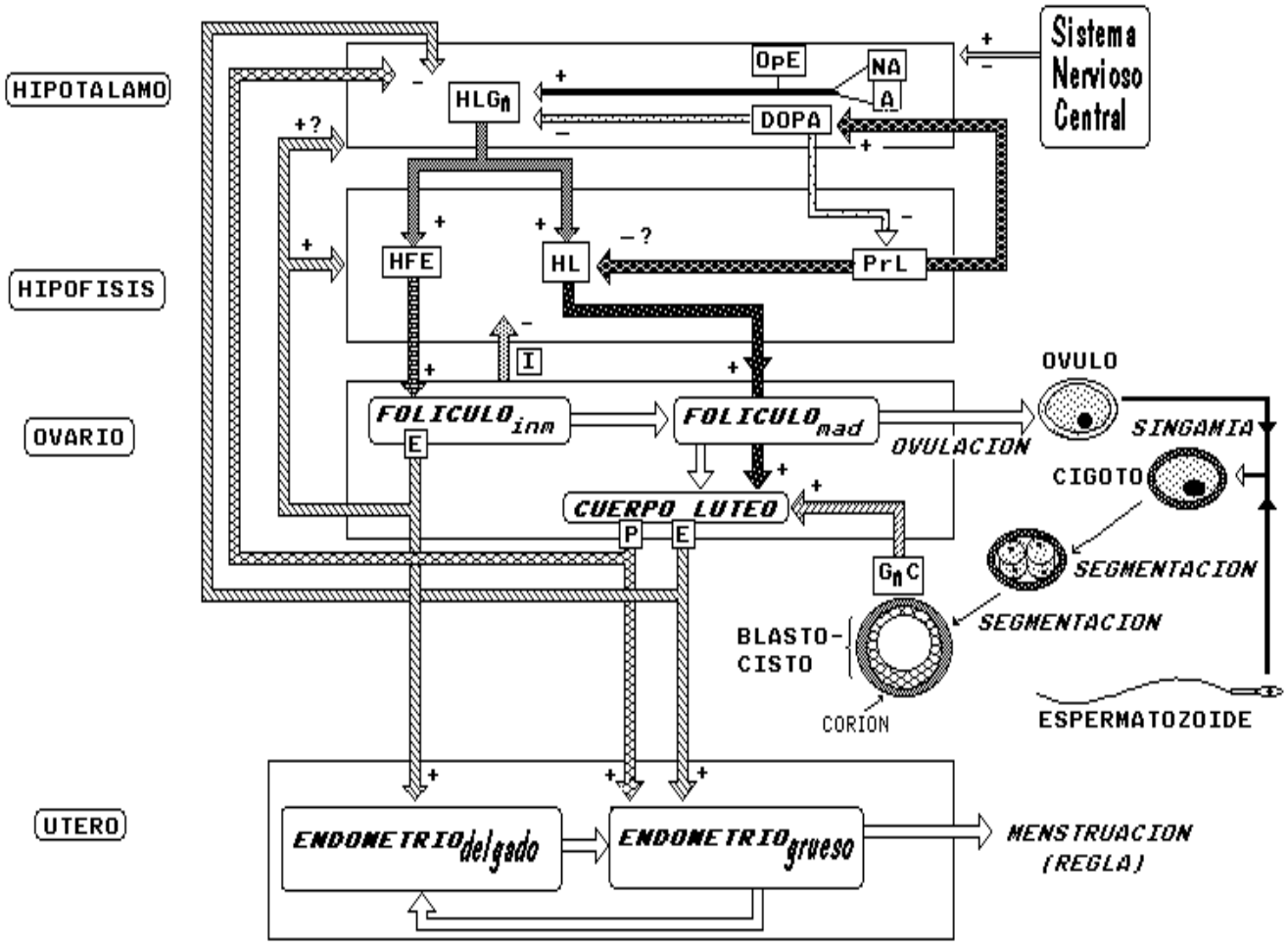


Fig. 49: Regulación hormonal del Ciclo Menstrual humano. Nota que los 4 órganos principales están representados por sendos rectángulos, las flechas con relleno representa hormonas viajando hacia sus órganos diana y las flechas sin relleno representan transformaciones de estructuras.

cuerpo lúteo sea activado, secretará estrógeno y progesterona. Colorea de amarillo al cuerpo lúteo de la figura 48.

Sigamos, ahora, el curso de la regulación en el caso de no ocurrir la singamia (fecundación). Ve la fig. 49

El estrógeno y la progesterona incitan al endometrio, ya engrosado para entonces, a secretar sustancias para nutrir al cigoto en desarrollo (fase secretora del útero).

Ambas hormonas sexuales viajan por el aparato circulatorio, también, hasta el hipotálamo y le ordenan disminuir la **HLGn.** Al no enviar el hipotálamo la hormona liberadora a la hipófisis, ésta no suelta a las gonadotropinas (HFE y HL). Así pues, los niveles sanguíneos de HL y HFE caen y el cuerpo lúteo deja de fabricar estrógeno y progesterona. Fig. 47

Así, hacia el día 28 del ciclo, los niveles sanguíneos de ambas hormonas sexuales disminuyen y el endometrio grueso deja de ser estimulado, en particular, por la progesterona. Luego entonces, el endometrio se desprende, excepto su capa basal, y ocurre la **menstruación**. Iniciándose el ciclo de nuevo.

Ve la fig. 47. ¿Cuántos días dura el flujo menstrual? _____.

Sí un espermatozoide se fusiona con el óvulo forma el **cigoto** (2n) que inmediatamente se a divide por mitosis separadas por breves interfases (**segmentación)** Así se forman 2, 4, 8, 16... células cada vez más pequeñas). Mientras el cigoto se convierte en **Mórula** (Nivel de organización “Colonia”) y luego en **Blastocisto** que alcanza el nivel de organización “Tejido”**,** la trompa de

Falopio conduce al cigoto en desarrollo hacia el útero tardando unos 7-9 días.

Para este momento (día 21-22 del ciclo) el Blastocisto llega al útero, se nutre de las secreciones del endometrio y lleva a cabo un proceso invasivo llamado **implantación**. Si el bastocisto se implanta con éxito y se nutre del endometrio. Entonces, un tejido extraembrionario llamado **Corión** produce la gonadotropina coriónica (**G_nC**). La cual viaja al ovario por vía sanguínea y le ordena al cuerpo lúteo que siga produciendo progesterona. De este modo el endometrio se mantiene en crecimiento y no ocurre la menstruación.

Solo en este momento podemos decir que hay embarazo y no antes. Nota que para que te embaraces, primero, tienes que llevar a cabo la **gametogénesis**, luego **copular** durante los días cercanos a la **ovulación**, los espermatozoides deben de alcanzar al óvulo y **fecundarlo** con éxito. El cigoto debe de segmentarse mientras llega al útero y luego **implantarse** y avisar al ovario que lo logró. Así pues, la serie que sigue debe de cumplirse sin falla para lograr el embarazo:

Gametogésis + Copulación + Ovulación + Singamia + Implantación = **Embarazo**

Dado que el óvulo una vez liberado sobrevive apenas 24 horas, los espermatozoides, al ser eyaculados, unos 4 días y la ovulación ocurre alrededor del día 14 ±2 días. Entonces, si tu quieres quedar embaraz@ debes tener relaciones sexuales con cópula durante un periodo de tiempo llamado “Fértil” que se calcula a partir del registro de los 12 últimos ciclos. Empero, en cualquier día del ciclo puedes quedar embaraza@, la máxima probabilidad la tiene el día 14.

Al ciclo más corto le restas 18 días, esto da el primer día fértil del ciclo. Luego resta 11 días al ciclo más largo para conocer el último día fértil (Método del ritmo de Ogino-Knaus).[9] Por ejemplo:

El ciclo más corto = 26d y el más largo = 29d			
El periódo fértil	-18d		-11d
(estro) va del día	8	al día	18

Así que, sí alguien tiene relaciones sexuales no protegidas por anticonceptivos o éstos se usan mal, él, a pesar de todo, no se embaraza inmediatamente. Y puede todavía evitarlo. Esto es importante. Por ejemplo, si una mujer es violada o el condón se rompió durante el coito, ella corre el riesgo de embarazarse y para evitarlo puede usar la contracepción de emergencia (repito, DE EMERGENCIA, vuelvo a repetir **DE EMERGENCIA**) que consiste en tomar varias píldoras anticonceptivas durante los 3 días siguientes a la relación sexual en cuestión.[10] **Lo mejor es iniciar la toma horas después del suceso.**

Usa Método Ogino-Knaus y responde ¿Cuál es el periodo fértil de una mujer con ciclos constantes de 28 días? del día _____ al día _____.

El primer signo del embarazo es la ausencia de menstruación. En la actualidad hay kits comerciales de reactivos que permiten averiguar la presencia de la **G_nC** en la orina, incluso, unos días antes de la fecha esperada de la regla.

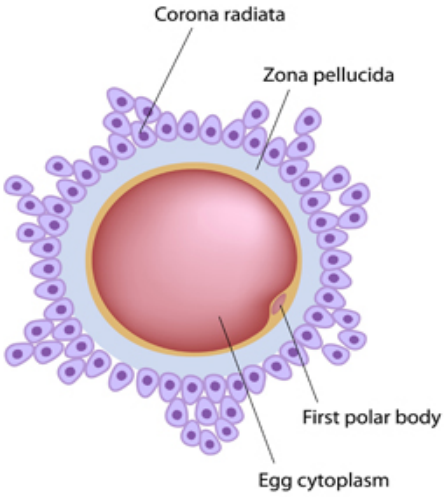


Fig. 50: Óvulo humano en interfase meiótica, tal como se libera con el primer cuerpo polar.

Desarrollo Embrionario

El desarrollo embrionario en el reino *Animalia* es el resultado de una serie de unas 40 divisiones mitóticas que sufre el cigoto. Pudiera parecerte que 40 divisiones es un número pequeño, pero la serie: 1, 2, 4, 8, 16... Después de 40 elementos da un número igual a 2^{40}, que es un número enorme. Toma tu calculadora científica y calcula a cuanto asciende. (usa la tecla y^x ó su equivalente). 2^{40} = _____.

9 El método del ritmo como método anticonceptivo **es poco eficaz**. Por ello siempre debes de usar al mismo tiempo otra técnica como los condones. En el DF se despenalizó el aborto de fetos tempranos de ≤12 semanas.

10 Puedes llamar a los teléfonos 55-73-71-00 ó 55-73-70-70 para recibir asesoría de las dosis y marcas de las píldoras para la anticoncepción de emergencia.

Como puedes ver, con esas mitosis se obtiene un billón de células, pero un animal no es un simple mazacote de células. Un animal es un sistema integral formado por centenas de tipos celulares (organismo pluricelular) que interaccionan para dar lugar a decenas de tejidos distintos, los que a su vez se relacionan entre sí para generar a los órganos, éstos forman grupos especializados en llevar a cabo alguna función (aparatos) y los aparatos interaccionan para constituir a un individuo.

Así, para generar un organismo con nivel de organización “Individuo” se requieren mitosis, seguidas de complejos procesos de comunicación celular (autocrina, paracrina y hormonal), diferenciación, especialización, inducción, desplazamiento, reconocimiento, adhesión y muerte celular programada a partir de la lectura del programa genético de la especie y las influencias del entorno. Todo para construir progresivamente un cuerpo con un nivel de organización cada vez más elevado.

No entraremos en detalles, pero en la actualidad nuestro conocimiento del desarrollo ya es alto y sabemos que está bajo el control de un programa escrito en el lenguaje del ADN en donde participan ≈ 20 mil genes (planos codificadores de las proteínas) que se expresan según el plan corporal de cada organismo.

Por ejemplo, para construir un ojo humano se requiere la actividad coordinada de unos 8000 genes. Nosotros solo describiremos a grandes rasgos las fases principales y daremos alguna información pertinente sin profundizar ya que este curso consta de 45 hr apenas.

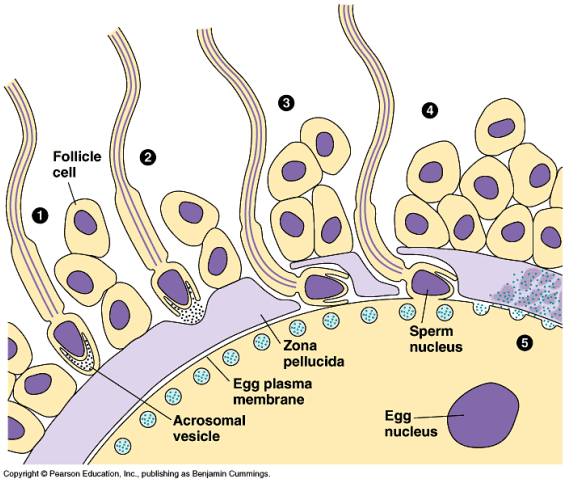


Fig. 51: Singamia de un óvulo + espermatozoide.

Iniciemos, pues: El **ovocito**, nivel de organización “Célula”, (fig. 50). El ovocito es fecundado en el primer tercio de las trompas de falopio. Decenas de espermatozoides destruyen la corona radiada y la capa pelúcida del óvulo y un espermatozoide logra entrar en contacto con la membrana del óvulo, se adhiere e inicia la fusión celular.

Para evitar la entrada de otro espermatozoide se dispara una reacción (cortical) que forma una barrera debajo de la membrana celular de lo que fue el óvulo y ya es el cigoto. Ve la figura 51.

El núcleo masculino se expande y los centriolos del espermatozoide empiezan a reorganizar el citoesqueleto. Durante un breve tiempo se pueden ver los dos núcleos en el citosol antes de la cariogamia. Fig. 52.

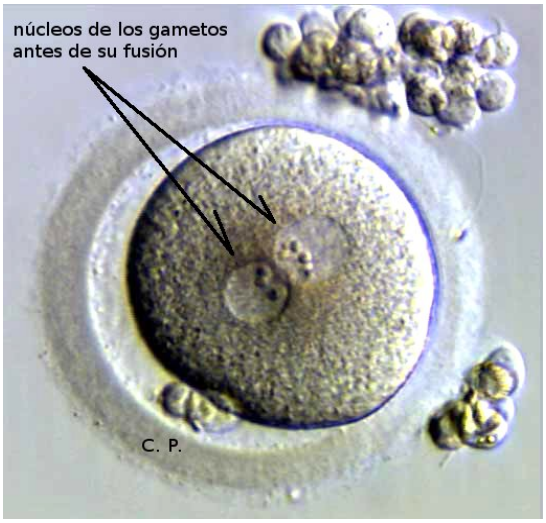


Fig. 52: Cigoto antes de la cariogamia

Luego de la fusión de los núcleos se inician una serie de divisiones mitóticas (sin etapa G1) llamada **segmentación**, que conduce al aumento de células totipotenciales cada vez más pequeñas. 2, 4, 8, 16,...[11]

En un tiempo, que varía de horas a días según la especie, se origina –así- una esfera sólida de células llamada **Mórula** (Mor = mora, -*ula* = pequeña) mientras los cilios que recubren la trompa de falopio mueve al cigoto hacia el útero. Ve la figura 53.

¿Cómo es el tamaño de las células conforme avanza la segmentación? _____.

11 Si se cultivan estas células se cree que podríamos, en el futuro, crear tejidos y órganos para transplantes y así salvar miles de vidas que hoy fallecen por falta de donadores.

En este estado el nivel de organización es equivalente al de una “colonia”, es decir, células viviendo juntas pero cada una dedicándose a lo suyo con muy poca cooperación y comunicación celulares. De hecho, casi no se expresa la información genética propia y la mayoría de los procesos son dirigidos por genes expresados antes de la singamia por el óvulo (genes maternos). Ve la figura 53.

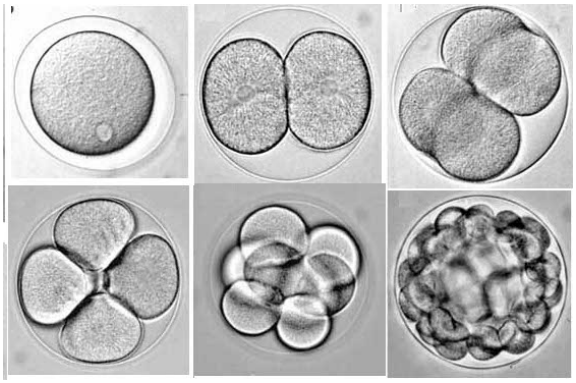


Fig. 53: Segmentación del cigoto, 1, 2, 4, 8 hasta la Mórula.

La segmentación sigue su curso hasta el origen de la **Blástula**,[12] una esfera hueca. En este momento, las células empiezan a comunicarse entre sí e inician su diferenciación. Algunas células se dedicaran a dar origen al embrión y otras (la masa celular interna) a los tejidos extraembrionarios dedicados a envolver, proteger y alimentar al embrión (el Corión, entre ellos). El nivel de organización del blastocisto es, por tanto, de “tejido”. De ahí que las células dejen de ser totipotenciales y se conviertan en pluripotenciales.

Fig. 54: Blastocisto humano en el día 5 postsingamia, aún dentro de la trompa de falopio.

12 En los mamíferos la blástula se llama **blastocisto.**

Ve la figura 54 y colorea de lila a la cavidad de la blástula y de rojo a la masa celular interna.

El blastocisto llega al útero hacia el día 7 rueda por la superficie del endometrio movido por los cilios del mismo y lleva a cabo la eclosión (e- = salir). La esfera de células rompe la cubierta del cigoto y se sale. Ve la figura 55. La eclosión equivale a la salida del huevo que hace un pollito o un alevín.

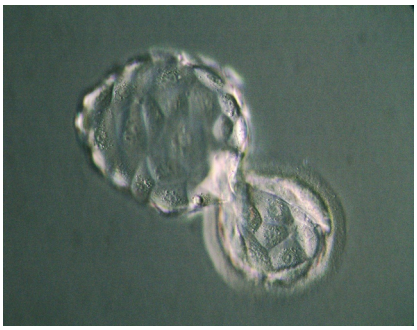


Fig. 55: Eclosión de la blástula.hacia el día 7 postsingamia.

Luego el blastocisto se comunica parácrinamente con el endometrio secretor (día 15 a 28 del ciclo menstrual) para romperlo e invadirlo. Este proceso se llama **implantación** (*in*-= meter, *plant*- = plantar). La figura 56 se muestra sólo como ilustración. No intentaremos describirla, pues estamos en bachillerato.

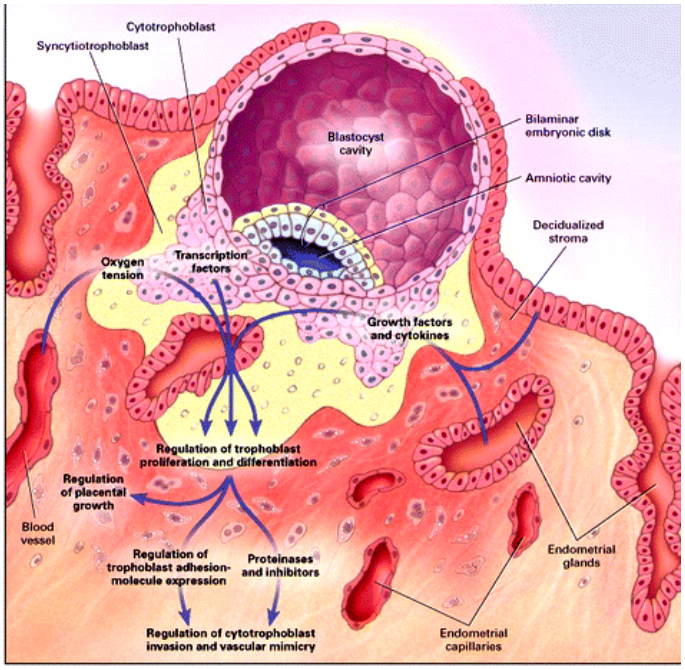


Fig. 56: La implantación del blastocisto implica la invación del cuerpo de la madre (su endometrio).

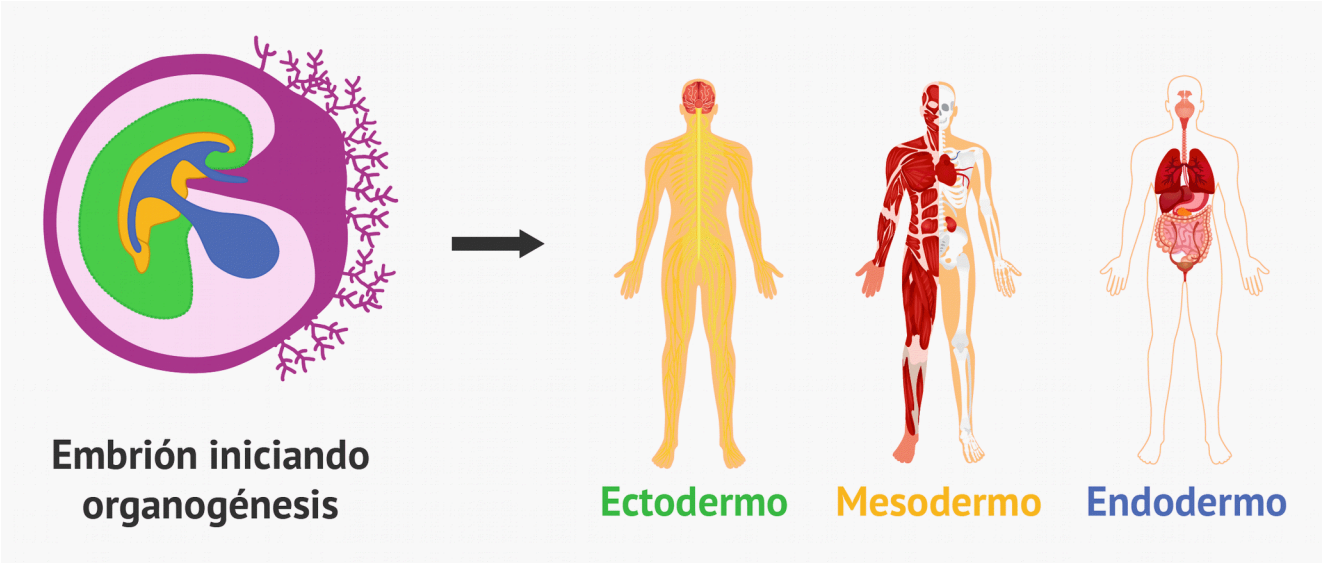


Fig. 57: Los órganos derivan de distintos tejidos embrionarios.

El blastocisto se aplana conforme las células derivadas de la masa celular interna forman los tejidos extraembrionarios: saco vitelino, amnios, córion y alantoides que envolverán al futuro embrión y formarán la placenta junto con tejidos uterinos para alimentarle.

Cómo ya lo mencionamos, no hay embarazo hasta que el córion haya avisado al cuerpo lúteo que yace en el ovario que la implantación fue exitosa y que debe de continuar liberando progesterona y estrógenos para bloquear la menstruación. Esto suele ocurrir al día 21.

El blastocisto implantado se aplana y alarga. La capa de células se invagina en un punto llamado blastoporo donde las células se mueven invadiendo el blastocele. Una estructura con dos y luego 3 capas embrionarias llamada **Gástrula** (*gastr-* = estómago). Ve la fig. 58.

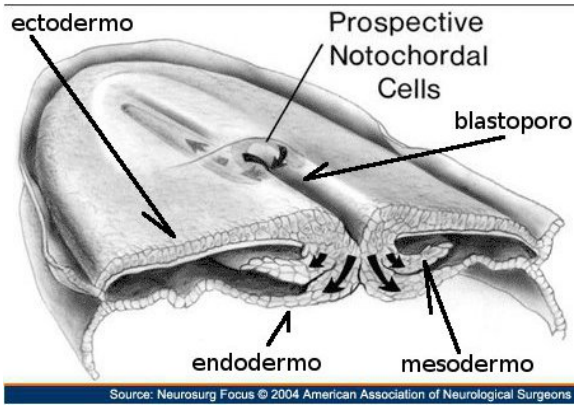


Fig. 58: Gastrulación, la formación de los 3 tejidos embrionários.

De este modo se originan 3 tejidos embrionarios especializados en dar origen a los demás tejidos y órganos del organismo. Estos tejidos se llaman de acuerdo a su posición: **Ectodermo** (*ecto-* = fuera), **Mesodermo** (*meso-* = en medio) y **endodermo** (*endo-* = _____ y -dermo = tejido). Figura 57.

¿Cuál es, por tanto, el nivel de organización de la gástrula? _____.

Por ejemplo, entre otros, el ectodemo dará origen a la epidermis, epitelio, al sistema nervioso y exterorreceptores; el mesodermo a huesos, músculos, corazón y vasos –además de la dermis y de partes de los aparatos reproductivos y urinario-. Finalmente, el endodermo genera al aparato digestivo, respiratorio y glándulas anexas (incluso hígado y páncreas). Llena la tabla que sigue:

Tejido	Estructuras derivadas
Ectodermo	
Mesodermo	
Endodermo	

Así pues, la función de los 3 tejidos embrionarios es llevar a cabo la **Organogénesis** (*organo-* = _____ y *gene-* = _____) proceso que se prolonga por muchos días o semanas, según la especie, dando lugar a la transformación de la gástrula en un **embrión** (*em-* = *en-* = dentro y *brio-* = brote = yema). Ve la figura 59

Fig. 59: Embrión humano de 6 semanas. Noten la presencia de cola y las yemas de las extremidades.

En el embrión se desarrollan complejos procesos que establecen el eje céfalo-caudal y el plano dorso-ventral del cuerpo. Aparecen las yemas que han de convertirse en las extremidades y en los distintos órganos y sistemas. Debido a lo anterior el máximo nivel de organización presente en el embrión es el de “Organo”.

En este periodo, por la organogénesis, el embrión es muy delicado y puede ser dañado por medicamentos, rayos X, tabaco, alcohol y otras drogas o falta de vitaminas (ácido fólico) o minerales (Fe) dando lugar a abortos espontáneos y a deformaciones. Ve la fig. 59. Por ello es importante que una pareja sepa cuando es su periodo fértil para evitar dañara su futuro hijo.

En los humanos las primeras ocho semanas del desarrollo son críticas. Ninguna mujer debe tomar ninguna sustancia, ni ser expuesta a rayos X si sospecha que puede estar embarazada, a menos que consulte a un ginecólogo o éste la recete a sabiendas de su estado. Por ello ninguna mujer debiera ser sorprendida por un embarazo no sólo no planeado, sino, inesperado. Para esto se requiere llevar un registro cuidadoso de los días 1º de cada ciclo menstrual y por lo tanto de sus periodos fértiles.

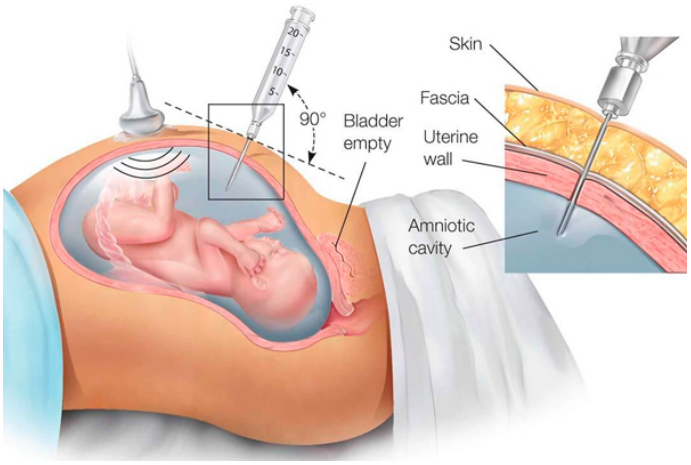


Fig. 60: La amniocentesis se realiza bajo control de ultrasonido.

Desde la semana 8 a la 16 se pueden hacer algunos estudios para detectar síndromes hereditarios graves como trisomía 21 o 18. La amniocentesis es la extracción de líquido amniótico y suele hacerse al principio del segundo trimestre del embarazo. Ve la figura 60.

Sin embargo están en desarrollo estudios no invasivos que recuperan células del embrión en la circulación materna y con técnicas derivadas de la secuenciación del genoma (altamente paralela) permiten diagnosticar esos síndromes en el primer trimestre.

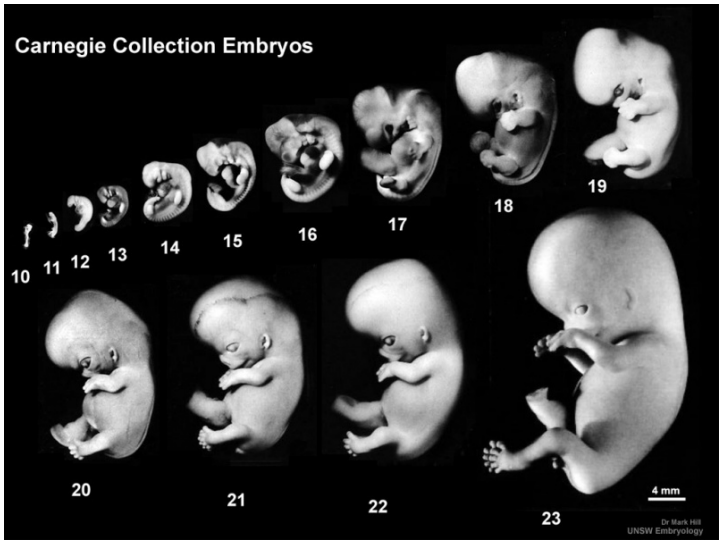


Fig. 61: Estados de desarrollo embrionario Carnegie 10 (28 días) a 23 (56 días). Barra de referencia = 4 mm.

La organogénesis en el embrión continua durante semanas. A la 8ava da lugar al **feto**, el cual es similar a un edificio es “obra negra”. La estructura básica es reconocible, pero ni los acabados y las instalaciones “eléctrica”, “informática” “hidráulica” y “sanitaria” son funcionales. Ve la fig. 61, fíjate en el tamaño.

El feto ya ha alcanzado el nivel de organización “Aparato”, pero aun está lejos de lograr el nivel “Individuo”. Para ello, requiere de tiempo para crecer, madurar y llegar a un estado de viabilidad que en los humanos se alcanza después de las 28 semanas de desarrollo desde la singamia. Si en este periodo ocurre un nacimiento prematuro el producto requiere de una incubadora para sobrevivir.

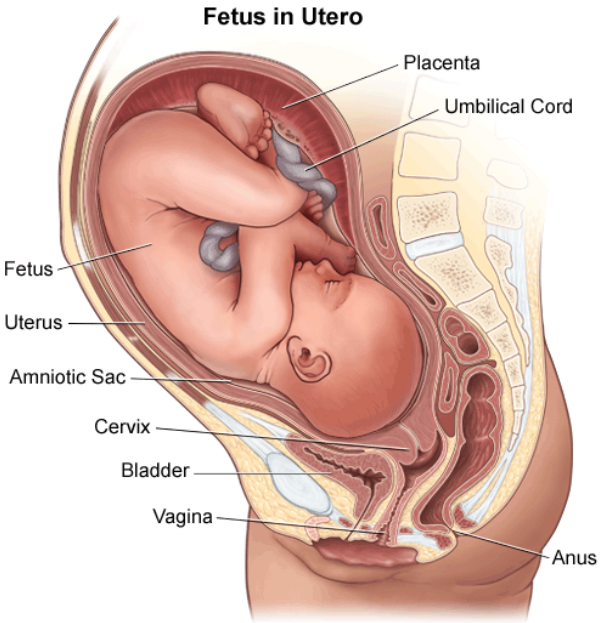


Fig. 62: Feto viable dentro del útero, aprox. 28 semanas.

Normalmente, el **feto** humano a término desencadena entre las 36-40 semanas una serie de mensajes endocrinos entre él y su madre induciendo el Parto. Obviamente, en este momento el feto a término ya alcanzó el nivel de organización “Individuo”.

Un último aspecto por mencionar es el procedimiento para calcular la fecha probable del parto. Para ello:

1. Suma un año a la fecha del primer día de la última menstruación,
2. Luego resta tres meses y
3. Finalmente súma 7 días.

Calcula la fecha probable del parto de una mujer cuya última menstruación comenzó el 15 de octubre de este año:.

Fecha del último ciclo:	2016	10	15
súmese y réstese	+ 1	-3	+7
Fecha más probable:	2017	07	21

Es muy importante tener este dato. No porque el feto vaya a nacer ese día, pues aunque es la fecha más probable, la probabilidad acumulada de ocurrencia del parto en otros días previos y posteriores es mayor. Así que lo más probable es que el **neonato** nazca en otros días, pero si no lo ha hecho para la fecha calculada es necesaria la revisión médica. Podría haber problemas y hay que enfrentarlos activamente. Véase la figura 63.

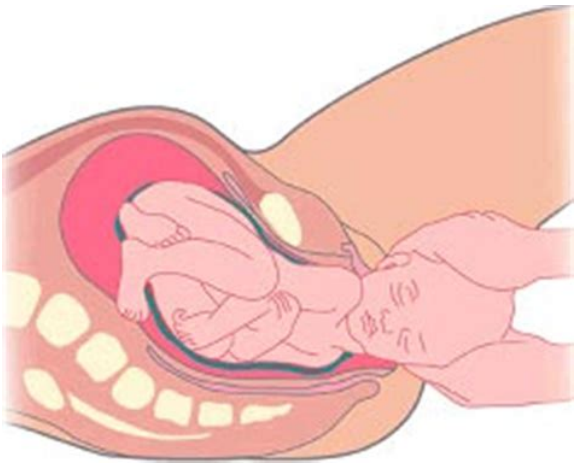


Fig. 63: Parto

Bibliografía recomendada

1. Purves, W. K.; D Sadava; G. H. Orians y H. C. Heller (2001) **Vida, La ciencia de la Biología** trad. De la 6ª Ed.. *Ed. Médica Panamericana*, Madrid, 2003, 1133 pag.
2. Curtis, Helena (1983) **Biología**, 4ª ed. Panamericana, Méx., 1255 pp Fried, George H. (1990) **Biología**, 6ª ed. McGraw-Hil, Méx., 430 pp.
3. Sherman, I. W y Sherman, V. G. (1983) **Biología**, 3ª ed. McGraw-Hill, Méx., 704 pp.